مع خالص تحياتي م/غسان عبدالرحيم المنتصر

تاريخ التحديث : 19/4/1423 هـ

دليـل المختـبر لمشاريع الطرق

1 – مقدمة

يهدف هذا الدليل إلى التركيز على خطوات اختبارات مواد الطرق الأساسية للحصول على النتائج الدقيقة المطلوبة التي تمكن من الحكم السليم على جودة المواد و الأعمال المنفذة ومن ثم قبولها أو رفضها .
ويشمل هذا الدليل أنواع الاختبارات التي تجرى على مواد طبقات الرصف وطرق أجرائها ومعدلات الاختبارات المطلوبة في الموقع . ويبدأ الدليل بتعريف أنواع العينات المختلفة وأماكن أخذ تلك العينات وحجمها.
وتأتي المرحلة التالية لشرح التجارب المعملية التي تجرى على التربة مثل تجارب (حساب المحتوى المائي ، حد السيولة وحد اللدونة ، التدرج الحبيبي للتربة – تعيين الكثافة بطريقة المخروط الرملي ـ اختبار الدمك –نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR)) وتجارب مواد الأساس (التحليل المنخلي– الوزن النوعي والامتصاص ، مقاومة الركام للبري ، تآكل الركام ، المواد المارة من منخل # 200 ، تحديد الكتل الطينية والحبيبات سهلة التفتت في الركام ، تقدير المواد اللدنة الناعمة في الركام) ، وتجارب الأزفلت السائل مثل تجارب (درجة الوميض ودرجة الاشتعال ، تحديد درجة الغرز للمواد البيتومينية ، واللزوجة الحركية واللزوجة المطلقة) واختبارات الخلطة الأزفلتية مثل تجارب (استخلاص الأزفلت ، الوزن النوعي لعينات الخلطة الأزفلتية ، الوزن النوعي الأقصى ، وزن وحدة الحجوم ، اختبار مارشال لتصميم الخلطة الأزفلتية ، واختبارات تصميم الخلطة الأزفلتية بالطريقة الحديثة). وأخيراً الاختبارات القياسية التي تجرى على البلاط والطوب.

2- الخواص الهندسية للمواد

تعتبر جودة الخواص الهندسية لمواد إنشاء الطرق من أهم العوامل التي تؤثر على جودة الطرق ، وللاحتفاظ بطرق ذات جودة عالية ، وذلك بالإضافة للتنفيذ الجيد حسب المواصفات القياسية لطرق الإنشاء . وتقاس الخصائص الهندسية للمواد بواسطة أخذ عينات وعمل التجارب المعملية اللازمة ، وذلك للتحقق من جودتها ومواصفاتها الهندسية الفعلية ثم مقارنة نتائج الاختبارات بالمواصفات المطلوبة للتنفيذ ، وذلك لقبول أو رفض تلك المواد .
ومن أولويات المهندس التحقق من أن العينات والاختبارات تتوافق مع الطرق المعطاة في المواصفات ، وأن المواد المستخدمة في العمل والموردة إلى الموقع تتوافق مع مواصفات العقد . وللتحكم في جودة المواد المستخدمة تتبع إحدى الخطوات التالية .

1. يتم مراجعة المواد أو أخذ عينات وإجراء التجارب عليها في الموقع .
2. أخذ عينات في الموقع وإرسالها إلى معامل متخصصة .
3. أخذ العينات واختبارها في الموقع ولكن جزء من العينات يتم إرساله إلى معامل مركزية متخصصة ، وذلك للتأكد من أداء المعدات وخطوات الاختبارات في الموقع .
4. تقبل المواد على أساس ضمان أو شهادة من المورد . وعلى المهندس والمراقب في المشروع أن يكونا على دراية كافية بالطرق التي تستخدم للحكم على المواد والعينات الموردة للموقع ، وذلك لضمان توافقها مع المتطلبات والمواصفات .

و أيضا على المقاول والمراقب معرفة أين ومتى وكيف تؤخذ العينة ، وما هي الاختبارات الواجب أجراؤها . كما أن المسئولية الخاصة بالتأكد من كون المواد المستخدمة في عمليات الرصف تتوافق مع المواصفات القياسية تقع على عاتق المهندس ، وفي حالة كون نتائج الاختبارات غير متوافقة مع المواصفات يجب اتخاذ القرار باستبعاد أو إزالة الجزء المنفذ من هذه المواد واستبعاد المواد الموردة .

3 – أنواع العينات .

تم تقسيم العينات المأخوذة اعتمـاداً على المعلومة المطلوبة عن المواد إلى مـا يلــي :

- عينات تأهيلية Qualifying Samples .
- عينات ضبط الإنتـاج Job Control Samples .
- عينات فصل Split Samples .
- عينات استبيانية Information Samples .
- عينات التـأكد المعملية Laboratory Check Samples .
- عينات القبول Acceptance Samples .

3 – 1 - عينات تأهيلية Qualifying Samples .

العينات التأهيلية يتم أخذها واختبارها لتحديد جودة منتج معين أو مصدر عام ، وذلك لتحديد قبول أو رفض الأزفلت أو أي مواد متعلقة بأعمال الزفلتة مثل مقارنة التفتت والتحليل المنخلي للركام .

3 – 2 - عينات ضبط الإنتاج Job Control Samples .

يتم اختبار ضبط الإنتاج في الموقع أو في مكان الإنتاج لغرض ضبط الجودة لكل المواد المستخدمة في الإنشاء . ويتم أخذ العينات في الأماكن التي تتطلب فيها المواد تحقيق مواصفات معينة .

3 – 3 - عينات فصل Split Samples .

هي عينات تؤخذ للفصل في نتائج الاختبارات ، حيث تؤخذ العينات وترقم وتجرى على بعضها الاختبارات في المعامل المركزية الرئيسية والبعض الآخر في معمل المشروع ، ثم تقارن النتائج مع بعضها .

3 – 4 - عينات التأكد المعملية Laboratory Check Samples .

يتم أخذ عينات بأقصى مراجعة للمواد المستخدمة في الإنشاء ، وهي تشابه عينات ضبط الإنتاج فيما عدا أنها تؤخذ وتختبر بواسطة المهندس أو في وجود المهندس أو من يمثله ، والغرض من هذه الاختبارات المراجعة على المعدات والخطوات التي تجرى في أخذ العينات واختبارات المواد وللتحقق من جودة التنفيذ .

3 – 5 – عينات استبيانية Information Samples .

العينات الاستبيانية عبارة عن عينـات غير المذكورة أعلاه ، وهذه العينات تؤخذ أثناء إنتاج المواد وقبل عملية قبولها ، مثل تدرج المواد لإيضاح صلاحية استخدامها ، وكذلك والعينات المأخوذة أثناء معايرة خلاطة الزفت الساخن .

3 – 6 - عينات القبول Acceptance Samples .

تـؤخذ هذه العينات من أماكن عشوائية لغرض التحقق من موافقة مواد التنفيذ للمواصفات قبل الاستلام النهائي .

4 – أماكن أخذ العينات .

تختلف أماكن أخذ العينات حسب نوع المواد والمعلومة المطلوبة ، وتؤخذ عينات من المواد كل فترة لعمل ضبط سليم للعمل ولضمان جودة المواد لتحديد قبولها وتوافقها مع المواصفات الخاصـة بتنفيـذهـا .
وتـؤخذ العينات عادة أثناء عمليات خلط الركام من الخلاطة أو سيارات النقل أو من الحاويات المستخدمة للتخزين ومن أي أماكن أخرى حسب متطلبات ومواصفات التنفيذ .
ويعتبر المهندس مسئولاً عن التأكد من أن جميع المواد المستخدمة في المشروع تتوافق مع المواصفات تماماً حيث تؤخذ عينات ضبط الإنتاج ، وإذا لم تحقق النتائج المطلوبة يتم إزالة الأعمـال التي تمت بهذه المـواد أو يعاد معالجتها واختبارهـا مرة أخرى حتـى تتوافق مع المواصفات الفنية المطلوبة .

جدول رقم (1)
معدلات الاختبارات وأماكنها وأحجام العينات

البنـــد	الاختبـار	معدلات الاختبارات			حجم العينة ومكانها	
		مراجعة	ضبط العمل	جودة / مصدر	ضبط العمل / مراجعة	جودة / مصدر
-1الردم المستخدم كقاعدة ترابية للرصف (Subgrade)	-1نسبة تحمل كاليفورنيا CBR	كل 5000 متر من الردم	-	-	50كجم عينة من الطريق	-
	-2التصنيف	كل 50,000 م2 من الردم	اختبار كل 5,000 م2	-	استخدام نفس العينة	-
	-3الكثافة الرطبة	اختبار كل طبقة كل 20,000 م2	-	-	استخدام نفس العينة	-
	-4الكثافة في الموقع	اختبار كل طبقة كل 20,000 م2	اختبار كل طبقة كل 2,000 م2	-	في المكان قبل وضع الطبقة التالية مباشرة	-
-2الردم حول المنشآت	-1التصنيف	-	اختبار كل 5,000 م2	-	-	-
	-2الكثافة الرطبة	-	-	-	-	-
	-3الكثافة بالموقع	اختبار كل طبقة كل 20,000 م2	اختبار كل طبقة كل 2,000 م2	-	في المكان قبل وضع الطبقة مباشرة	-
-3طبقة الأساس الحصوي وطبقة تحت الأساس	-1تحليل منخلي	اختبار كل 10,000م3	اختبار كل 1,000م3	اختبار واحد للمصدر	35كجم من الخلاطة المركزية	عينة 75كجم من الكسارة أو من الحفرة
	-2معامل اللدونة	اختبار كل 10,000م3	اختبار كل 1,000م3	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
	-3الفاقد بالبري	اختبار كل 10,000م3	-	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
	-4الكثافة الرطبة	اختبار كل 10,000م3	-	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
	-5نسبة تحمل كاليفورنيا CBR	اختبار كل 10,000م3	-	اختبار واحد للمصدر	-	استخدام نفس العينة
	-6كثافة الموقع	واحد كل طبقة كل	واحد كل طبقة كل	-	-	في الموقع قبل وضع الطبقة

		000ر20م2	000ر2 م2			التالية مباشرة
	-7السمك	-	واحد كل 000ر2 م2	-	-	في نفس المكان
	-8أوجه مكسرة	واحد كل 000ر10م3	واحد كل 000ر2 م2	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
	-9حبيبات رقيقة وطويلة	واحد كل 000ر10م3	واحد كل 000ر2 م2	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
	-10مقاومة التآكل	واحد كل 000ر10م3	واحد كل 000ر2 م2	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
– 5الركام لطبقة تحت الأساس البيتومينيوطبقة تحت الأساس ذات التدرج المفتوح (أوعية التخزين الساخنة (	-1تحليل منخلي	اختبار أسبوعي من المخازن الباردة أثناء الخلط	اختبار للخلاطة لكل يوم إنتاج	-	عينة 10 كجم من كل وعاء تخزين	-
-6طبقة أساس بيتومينية	-1اختبار مارشال لتصميم الخلطة	-	-	واحد للمصدر	-	عينة 50كجم لكل مقاس و10 لتر من الأزفلت لكل نوع) مصدر (
	-2ثبات مارشال	-	اختبار كل يوم إنتاج للخلاطة	-	عينة 15كجم من الطريق خلف الفرادة	-
	-3تأثير المياه	اختبار إنتاج خلاطة لكل أسبوع	-	واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	-
	-4استخلاص الأزفلت)المحتوى الأزفلتي (	اختبار واحد كل 5000 م3	اختبار كل 500 م3 وليس أقل من اختبار / يوم إنتاج	-	عينة 10كجم على الطريق خلف الفرادة	-
	-5تدرج الركام المستخلص	اختبار واحد كل 5000 م3	اختبار كل 500 م3 وليس أقل من اختبار / يوم إنتاج	-	استخدم نفس العينة	-

	-6السمك	-	قالب عينة لكل 1000م2 من الطبقة المرصوفة	-	من الطريق	-
	-7كثافة الموقع	-	قالب عينة لكل 1000م2 من الطبقة المرصوفة	-	استخدام عينة من الطريق	-
-7الركام للأساس البيتومينيي)المخازن الباردة (	-1تحليل منخلي	اختبار كل أسبوع إنتاج	-	واحد للمصدر 25كجم	عينة من الكسارة أو من الحفرة 25كجم	عينة من الكسارة أو من الحفرة
	-2أوجه مكسرة	اختبار كل أسبوع إنتاج	-	واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
	-3المكافىء الرملي	اختبار كل أسبوع إنتاج من التغذية الباردة أثناء الخلط	واحد كل أسبوع إنتاج	واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
	-4معامل اللدونة	اختبار كل أسبوع إنتاج من التغذية الباردة أثناء الخلط	واحد كل أسبوع إنتاج أثناء الإنتاج والتخزين	واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
	-5مقاومة التآكل	-	-	واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
-8طبقة الأساس والطبقة السطحية البيتومينية	-1اختبار مارشال	-	-	واحد للمصدر	-	عينة 50 كجم لكل مقاس و10لتر من الأزفلت لكل مصدر
	-2ثبات مارشال	-	اختبار إنتاج كل إنتاج خلاطة يومي	-	عينة 15كجم من الطريق خلف الفرادة	-
	-3تأثير المياه	واحد كل خلاطة لكل أسبوع إنتاج	-	واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	-
	-4محتوى الأزفلت المستخلص	واحد كل 5000 م3	واحد كل 500م3	-	10كجم عينة من	-

			وليس أقل من واحد كل إنتاج يومي		الطريق خلف الفرادة	
	-5تدرج الركام المستخلص	واحد كل 5000 م3	واحد كل 500م3 وليس أقل من واحد كل إنتاج يومي	-	استخدام نفس العينة	-

5- اختبارات التربة

1-5 حساب المحتوى المائي Water Content

يعتبر حساب المحتوى المائي من التجارب الروتينية التي تقوم بحساب كمية الماء الموجودة في التربة والمحسوبة على أساس الوزن الجاف لتلك التربة .
طريقة العمل :

1. قم بوزن علبة الصفيح أو الألمونيوم مع غطائها وتأكد من وضع علامة فارقة على العلبة والغطاء . تتوفر علب الرطوبة بأحجام مختلفة إلا أن النوع ذو قطر 5سم وارتفاع 4.4سم هو أكثر الأنواع شيوعاً .
2. ضع عينة التربة الرطبة في العلبة ، وأوجد وزن العلبة والتربة الرطبة معاً ، وإذا تمت عملية الوزن في الحال فلا داعي لوضع الغطاء على العلبة أما إذا حصل تأخير في الوزن يتراوح ما بين 3 – 5 دقائق أو أكثر ضع الغطاء على العلبة للمحافظة على رطوبة التربة وضع العلبة تحت قطعة قماش مبلولة للمحافظة على الرطوبة المحيطة بالعلبة .
3. بعد وزن العلبة و العينة الرطبة ارفع الغطاء (في العادة يوضع الغطاء أسفل العلبة) وضع العينة في الفرن .
4. بعد أن تجف العينة ، أي بعد أن يصبح وزنها ثابتاً قم بوزن العينة الجافة والعلبة ، مع التأكد من استعمال نفس الميزان لكل عمليات الوزن .
5. احسب المحتوى المائي وهو الفرق بين وزن العلبة مع العينة الرطبة ووزن العلبة مع العينة الجافة . ويمثل وزن الماء الموجود في العينة (WW) ، والفرق بين وزن العلبة مع العينة الجافة ووزن العلبة الفارغة يمثل وزن العينة (WS) :

$$\frac{WW}{WS} * 100\% =$$

و يجب أن تجفف عينة التربة في فرن درجة حرارته 105-110درجة مئوية إلى أن يثبت وزن العينة ، وذلك لأن وزن العينة يتناقص مع تبخر الماء منها . ليس من الضروري وزن العينة عدة مرات أثناء تبخر الماء للتأكد من ثبوت الوزن ، ولكن توضع العينة في الفرن لمدة 12 إلى 18 ساعة (عادة خلال الليل) . هذا ولقد ثبت بالتجربة بأن طريقة التجفيف هذه كافية للعينات الصغيرة وفي أعمال المعامل الروتينية .
ومن المعتاد أن توزن العينات المستعملة في حساب المحتوى المائي حالاً بعد أخذها من الفرن (باستعمال الملقط) ولو تأخر الوزن لأي سبب من الأسباب فيجب وضع الغطاء على العلبة أثناء تبريدها لمنع امتصاص العينة للماء من هواء الغرفة .
ولضمان حساب المحتوى المائي بشكل دقيق تستعمل عينات تربة بالأوزان التالية :

أكبر حجم لحبيبات التربة	الأوزان المطلوبة (جم (

مرور بالمنخل (95 – 100 / رقم)	
رقم 4	100
رقم 40	10 – 50
نصف بوصة	300
2بوصة	1000

2-5 حد السيولة وحد اللدونة للتربة (Liquid Limit (LL) And Plastic Limit PL)

يعتبر حدا السيولة و اللدونة اثنين من مجموع خمسة حدود افترضها العالم السويدي أ. أتربرج (A.Atterberg) وأهم هذه الحدود هي :

1. **حد الانكماش (Shrinkage Limit (SL :** وهو أقل نسبة مئوية للمحتوى المائي والتي لا يحدث بعدها أي نقص في حجم التربة نتيجة لفقدان الرطوبة منها .
2. **حد اللدونة (Plastic Limit (PL :** وهو المحتوى المائي للتربة والذي إذا قل عنه تصبح التربة غير لدنة .
3. **حد السيولة (Liquid limit (LL :** وهو أقل نسبة للمحتوى المائي للتربة والذي إذا قل عنه أصبحت التربة لدنة ، وعند هذا المحتوى توشك التربة أن تصبح سائلاً لزجاً .

*** يمكن أن يقع حد الانكماش (SL) يمين حد اللدونة (PL) لبعض أنواع التربة**
شكل رقم (1) حدود أتربرج على مقياس المحتوى المائي

ويستعمل حدا السيولة و اللدونة بشكل كبير في تصنيف التربة وتعريفها ، ويستعمل حد الانكماش في المناطق التي يتغير فيها حجم التربة نتيجة تعاقب الرطوبة والجفاف. ويمكن استعمال حدي السيولة و اللدونة في تحديد التغيرات الحجمية في التربة . ويستعمل حد السيولة في حسابات اندماجية التربة .

* حد السيولة (Liquid limit (LL :

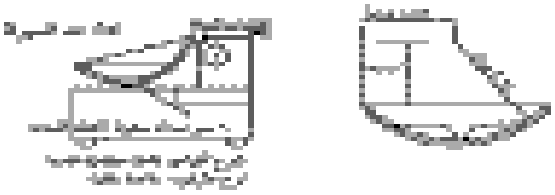
اقترح أتربرج تعريف حد السيولة بأنه المحتوى المائي للتربة التي عندها يلتحم ولمسافة نصف بوصة جانبي شق في العينة من تأثير 25 ضربة في جهاز تعيين السيولة بحيث تسقط كل ضربة مسافة 1سم . وهناك عدة عوامل في هذا الاختبار تؤثر على المحتوى المائي هي :

1. سرعة الضربات .
2. الوقت اللازم لتحضير العينة في جهاز السيولة .
3. الرطوبة النسبية .
4. نوع جهاز السيولة .
5. مسافة السقوط والمحددة هنا بواحد سنتيمتر .

هذا بالإضافة إلى نوع التربة وكفاءة الشخص الذي يقوم بالتجربة .
ولغرض التقليل من تأثير العوامل آنفة الذكر تم عمل جهاز قياسي ونوعين من أدوات قطع العينة هما : -

1. أداة قطع مقترحة من قبل كازاجراند (Cassagrande) (انظر شكل رقم 2- ب) ، وهذا النوع يقوم بتحديد سمك العينة بالإضافة إلى القطع .
2. أداة قطع مقترحة من قبل الجمعية الأمريكية للفحص والمواد (ASTM) (انظر شكل رقم 2- ج) .

وهذا النوع مفضل بالنسبة للتربة ذات المحتوى المائي المنخفض والصعبة القطع مثل التربة الرملية والطمي ، وفي هذا النوع من التربة يمكن الاستعانة أولاً بالسكين (Spatula) للمساعدة في تحديد مكان القطع ثم يليها استخدام أداة القطع .
ولغرض السيطرة على سرعة الضربات يجب إدارة مقبض الضربات بمعدل 120 دورة في الدقيقة أي بمعدل 120 ضربة في الدقيقة الواحدة .
هذا وقد حددت الجمعية الأمريكية للفحص والمواد استعمال الماء المقطر عند الاختبار .



شكل (2- أ) جهاز حد السيولة

شكل (2- ب (شكل (2- ج (

شكل رقم (2)

جهاز كازاجراندي وجهاز (ASTM)

يتم عمل تجربة حدود أتربرج على التربة التي تمر من المنخل رقم (40) ، إلا أن التربة التي تجلب من الحقل تكون مبلولة ويصعب مرورها من هذا المنخل ، لهذا فإنه من المسموح به تجفيف التربة هوائياً (Air-dry) للمساعدة على مرور الحبيبات خلال ذلك المنخل حسب التعليمات القياسية للجمعية الأمريكية للفحص والمواد (ASTM D421-58) . ولا يسمح بتجفيف التربة بالفرن لأن هذه العملية تقلل في العادة من قيم حدي السيولة واللدونة على عكس التجفيف بالهواء حيث دلت البحوث على أن التربة المجففة هوائياً يمكن أن تستعيد القيم الحقيقية للحدود بعد خلطها بالماء ومعالجتها من 24 إلى 48 ساعة . كما أن تجفيف التربة هوائياً يقلل حد السيولة بمقدار 2-6٪ . ولتجنب هذه المشكلة يمكن اختيار التربة من الحقل عن طريق النظر بحيث تستطيع حبيباتها المرور خلال المنخل رقم (40) .

لتحديد قيمة حد السيولة بصورة دقيقة ترسم العلاقة بين عدد الضربات باستعمال المقياس اللوغاريثمي وبين المحتوى المائي باستعمال المقياس الطبيعي . وعادة ما تكون العلاقة خطاً مستقيماً ، وبذلك يصبح من السهل إيجاد المحتوى المائي بهذه الطريقة . وعليه فالمطلوب هو إيجاد ثلاث إلى ست نقاط تمثل العلاقة بين عدد الضربات والمحتوى المائي ، (بالطبع يجب أن يشمل مدى الضربات 25 ضربة) . يتم بعد ذلك رسم هذه النقاط على ورق نصف لوغاريثمي وتوصيلها بخط مستقيم ثم قراءة مقدار المحتوى المائي الذي يقابل 25 ضربة من الرسم البياني . ويجب ملاحظة أنه كلما كانت النقاط المرسومة قريبة من الـ 25 ضربة كانت النتائج أفضل .

*** حد اللدونة Plastic limit (LL) :**

لقد أمكن من التجربة إعطاء حد اللدونة تعريف كيفي على أنه المحتوى المائي الذي يمكن عنده فتل التربة إلى خيط قطره (0.125بوصة) دون أن ينقطع هذا الخيط ، وتعتمد هذه التجربة نوعاً ما على الشخص الذي يقوم بها مقارنة بتجربة حد السيولة ، وذلك لصعوبة تقدير قطر قدره (0.125بوصة) . ولكن للحصول على نتائج أكثر دقة يمكن مقارنة خيط التربة بسلك أو قضيب قطره (0.125بوصة) ، حيث يمكن إجراء التجربة من قبل فنيين مختلفين والحصول على نتائج في حدود 1-3٪ لنفس نوع التربة .

*** مؤشر اللدونة Plasticity Index (PI) :**

هو الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة للتربة ويمكن كتابته كما يلي :

$$PI = LL - PL$$

تكون التربة عديمة اللدونة في الحالات التالية :

1. عندما يصعب تعين حد السيولة أو حد اللدونة .
2. عندما يكون حد اللدونة مساوياً أو أكبر من حد السيولة . \

حساب حدود أتربرج

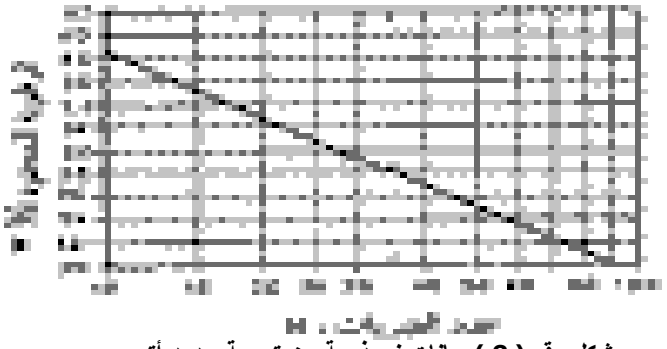
المشروع : إنشاء طريق
رقم العملية : -
موقع المشروع : بلدية
رقم الثقب : -
رقم العينة : -
وصف التربة : طين بني فاتح
عمق العينة :
اسم الفاحص : ر.د.س
التاريخ : 1420/3/15هـ

- حساب حد السيولة

رقم العلبة	14	39	23
وزن التربة الرطبة + العلبة (جم(	39.40	34.79	33.51
وزن التربة الجافة + العلبة (جم(	34.00	29.55	28.08
وزن العلبة (جم(	14.95	11.97	11.92
وزن التربة الجافة (جم(	19.05	17.58	16.16
وزن الماء (جم(	5.40	5.24	5.43
المحتوى المائي W٪	28.4	29.8	33.6
عدد الضرباتN	35	28	18

- حساب حد اللدونة

رقم العلبة	35	63
وزن التربة الرطبة + العلبة (جم(	24.17	24.59
وزن التربة الجافة + العلبة (جم (	23.77	22.59
وزن العلبة (جم (	21.53	22.59
وزن التربة الجافة (جم (	2.24	1.70
وزن الماء (جم (	0.40	0.30
المحتوى المائيW ٪ = Wp	٪ 17.9	٪17.7



شكل رقم (3) بيانات نموذجية من تجربة حدود أتربرج

5 – 3 – التدرج الحبيبي للتربة Grain Size Distribution

يستخدم اختبار التدرج الحبيبي في تصنيف التربة عن طريق التحليل المنخلي لها Sieve Analysis باستخدام المناخل التي تتراوح فتحاتها من 100ملم (4 بوصة) إلى 0.075ملم (منخل رقم 200) حسب المواصفات الأمريكية وهي :

رقم المنخل	الفتحات بالملم
4ً	100.00
3ً	75.00
2ً	50.00
1 2/1ً	37.5
1ً	25.00
3/ 4ً	19.00
2/1ً	12.5
8/3ً	9.5
4	4.75
10	2.00
20	0.850
40	0.425
80	0.180
200	0.075

جدول رقم (2) أرقام المناخل ومقاساته

ويقاس التدرج الحبيبي لجزء التربة المار من المنخل رقم (200) باستخدام جهاز قياس الثقل النوعي Hydrometer ، ويتم بعد ذلك رسم منحنى التدرج ومن ثم تحديد نسب المواد المكونة للتربة والتي من أهمها نسبة المواد الطينية ، ويتم تحديد المواد المخصصة للردم أو لتصميم الطريق بناءاً على المواصفات الخاصة بالمشروع والتي تعطي أفضل تدرج وثبات وأكبر قدرة تحمل ، ويتم التأكد من مطابقة المواد لتلك المواصفات عن طريق التحليل المنخلي لعينة منها .

1. **المواصفات الفنية .**

D – 422 & ASTM D-421
T – 88 & AASHTO T – 78

2. **الأدوات المستخدمة**
   1. مجموعة من المناخل حسب المواصفات .
   2. ميزان بحساسية 0.1جرام .
   3. فرن تجفيف .
   4. جهاز قياس الثقل النوعي .
   5. مقياس حرارة .

3. **طريقة الاختبار :**
   1. يتم الحصول على حوالي 500 جرام من التربة الممثلة باستخدام جهاز فصل التربة ثم توزن التربة.
   2. رتب المناخل المطلوبة من الأعلى إلى الأسفل حسب حجم أكبر حبيبات التربة ثم ضع التربة وهز المناخل بعد تغطيتها باليد أو باستخدام الهزاز الميكانيكي لحين توقف التربة عن المرور .
   3. قس وزن التربة المتبقية على سطح كل منخل إلى أقرب 0.1جرام وقارنه بوزن التربة عند بداية الاختبار .
   4. احسب نسبة الوزن المرتد ومنه نسبة التربة المارة وسجل البيانات في النموذج المعد لذلك ومن ثم ارسم منحنى التدرج .
   5. ولتحليل التربة المارة من منخل رقم (200) باستخدام جهاز الثقل النوعي (الهيدروميتر) ضع التربة على منخل رقم (200) واغسل التربة بعناية واجمع التربة المارة بعد تصفيتها وتجفيفها

بالفرن .

6. امزج 50 جم من التربة مع 125مليلتر من 4٪ من محلول NaP03 جديد لم يمر أكثر من شهر واحد على تركيبه ثم اترك المزيج لمدة تتراوح بين 10-16 ساعة .
7. انقل التربة إلى كأس الخلاط بعناية بحيث لا يفقد أي جزء من الخليط وأضف إليها ماء مقطر إلى ثلثي كأس الخلاط ثم اخلط المزيج لمدة دقيقة .
8. جهز 125 مليلتر من محلول NaP03 وأضف إليه مـاء مقطـر حتى يصل الحجم إلى 1000 مليلتر وبدرجة حرارة ثابتة .
9. انقل مزيج التربة مع المحلول إلى كأس مدرج وأضف إليه المزيج الذي تم تحضيره في الخطوة رقم 8 إلى علامة 1000 مليلتر .
10. ضع الغطاء بإحكام ثم اقلب الكأس إلى أعلى وإلى أسفل لمدة دقيقة (60مرة) ثم ضعه على الطاولة لمدة دقيقتين .
11. أدخل الهيدروميتر ببطء شديد إلى الكأس المدرج ثم سجل القراءة الأولى وكذلك درجة الحرارة للمحلول ، وكرر أخذ القراءة بعد 4 و 5 دقائق .
12. كرر العملية الواردة في الخطوة رقم 11 ثم سجل القراءات للهيدروميتر ودرجة الحرارة بعد مضي الأوقات التالية : 8 ، 16 ، 30 دقيقة و 2 ، 4 ، 8 ، 16 ، 32 ، 64 ، 96 ساعة وتسجل البيانات في النموذج المعد لذلك .
13. يتم تمثيل البيانات على منحنى التدرج استكمالاً للمنحنى الذي تم رسمه في الخطوة رقم 4 .

5 – 4 – اختبار تعيين الكثافة في الموقع للتربة بطريقة المخروط الرملي

Density of Soil in-place by Sand Cone Method

إن تعيين كثافة التربة في الموقع له أهمية كبيرة في الأعمال الترابية وأعمال طبقات الأساس ويمكن قياس هذه الكثافة بعدة طرق من أهمها طريقة المخروط الرملي.

الغرض من التجربة

1. تعيين كثافة التربة في الموقع في حالتها الطبيعية أو بعد الدمك.
2. المساعدة في إيجاد الكثافة الجافة في الموقع والتي من خلالها يمكن إيجاد نسبة الدمك المطلوبة.

الأدوات المستخدمة

1. إناء زجاجي مملوء برمل قياسي.
2. مخروط معدني.
3. قاعدة الجهاز بها ثقب.
4. ميزان حساس.
5. فرن تجفيف .
6. أدوات حفر وتنظيف.
7. أوعية غير منفذة للماء.

خطوات التجربة

1. يسوى سطح الموقع بعمق 5 سم تقريباً ، وتزال جميع المواد السطحية الغير مرغوب فيها في المكان المراد حساب كثافة الحقل فيه .
2. توضع القاعدة الخاصة بالجهاز فوق المكان المراد حساب الكثافة عنده على أن تثبت القاعدة بالأرض جيداً ، وتحفر حفرة بقطر الثقب وبعمق الطبقة المدموكة ، وفي حالة الأرض الطبيعية يكون العمق في حدود 15 سم إلى 20 سم
3. يجمع ناتج الحفر في وعاء غير منفذ للرطوبة والماء ، ويتم وزن العينة فور إخراجها .
4. يوزن القمع الرملي والإناء وهو مملوء بالرمل قبل إجراء التجربة ، بعد ذلك يوضع الإناء مع القمع والرمل مقلوباً فوق الحفرة ثم يفتح الصنبور لإنزال الرمل في الحفرة .
5. بعد امتلاء الحفرة والقمع بالرمل القياسي يقفل الصنبور ، ثم يرفع القمع الرملي والإناء ويوزن ما تبقى من الرمل القياسي .
6. يتم حساب وزن الرمل الذي ملأ الحفرة بعناية تامة .

وزن الرمل الذي ملأ الحفرة= وزن الرمل الذي يملأ الإناء – وزن الرمل المتبقي – وزن الرمل الذي يملأ القمع

7. يتم تعيين كثافة الرمل القياسي المستخدم في إجراء التجربة وذلك بأن يملأ وعاء معلوم الحجم بالرمل القياسي ويسوى سطحه ثم يوزن .

كثافة الرمل القياسي = وزن الرمل في الوعاء جم/سم3

حجم الوعاء

8. يتم تعيين حجم الحفرة وذلك كالآتـي :

حجم الحفرة = وزن الرمل الذي يملأ الحفرة سم3

كثافة الرمل القياسي

9. كثافة التربة في الموقع :

كثافة التربة في الموقع (الرطبة) = وزن التربة المستخرجة من الحفرة جم/سم3

حجم الحفرة

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند إجراء التجربة :

1. يجب عدم لمس أو هز الجهاز أثناء إجراء التجربة.
2. يجب حفظ العينة المستخرجة من الحفرة في وعاء غير منفذ للماء.
3. إذا كان الاختبار على طبقة الأساس وما تحت الأساس تؤخذ الحفرة بكامل عمق الطبقة المدموكة .
4. إذا كان الاختبار على طبقة الأرض الطبيعية تؤخذ الحفرة بعمق 15 سم إلى 20 سم.
5. يجب تعيين المحتوى المائي للتربة بسرعة حتى لا تفقد التربة رطوبتها ، وذلك بتجفيفها في فرن درجة حرارته من 105 إلى 110 درجة مئوية ولمدة 24 ساعة.
6. يجب التأكد من ضبط الميزان قبل استخدامه .
7. أي أحجار كبيرة ترجع إلى الحفرة مرة ثانية .

5 – 5 – اختبار الدمك Compaction (Proctor) Test

dγ)والمحتوىγيتم في اختبار الدمك تحديد العلاقة بين الكثافة الجافة للتربة (dmax)γالمائي (W) ومن ثم تحديد الكثافة الجافة العظمى Maximum Dry Unit Weight (والمحتوى الرطوبي الأمثل Optimum Moisture Content, OMC)) للتربة باستخدام طريقتي اختبار بروكتور ، وذلك من أجل تحديد الكثافة القصوى والرطوبة المثلى التي ستقارن بها الكثافة الحقلية ، وكذلك تحديد الطاقة التي تتعرض لها التربة في الدمك في المعمل لتمثيلها على الطبيعة باستخدام أدوات ومعدات الدمك المختلفة . والطريقتان المستخدمتان للدمك همـا :

1. اختبار بروكتر القياسي Standard Proctor Test .
2. اختبار بروكتر المعدل Modified Proctor Test .

	القياسي		المعدل	
القالبMold	قالب 4"	قالب 6"	قالب 4"	قالب 6"
القطر (ملم(	101.60	152.4	101.6	152.4
الطول(ملم(	116.43	116.43	116.43	116.43
الحجم (سم3(	944	2124	944	2124
وزن المطرقة (نيوتن(	24.5	44.5	24.5	44.5
عدد الضربات	25	25	25	25
عدد الطبقات	3	3	5	5
ارتفاع المطرقة (ملم(	305	305	457	457

جدول رقم (3) الفرق بين الأجهزة المستخدمة في طريقتي الدمك

ويتم حساب الطاقة المبذولة في عملية الدمك كما يلي :

الطاقة المبذولة في الدمك (كيلوجول /م3) =

(عدد الطبقات × عدد الضربات × الارتفاع (م) وزن المطرقة (نيوتن))/حجم القالب (م3)

فمثلا الطاقة المبذولة في الطريقة القياسية باستخدام قالب قطره 101.60ملم = 593.7كيلوجول /م3 وعند تمثيل الطريقتين على رسم بياني نجد أن في الطريقة المعدلة تكون التربة خالية من الهواء Air Voids Zero عندها تكون التربة مشبعه تماماً بالماء.

طريقة الاختبار :

1. المواصفات الفنية .

D – 1557 –78 & ASTM D- 698-78
T – 180 –90 & 90- AASHTO T – 99

هناك أربعة طرق لعمل هذا الاختبار وهي :

1. الطريقة الأولى Method A باستخدام الوعاء الأسطواني (101.60ملم) وتربة مارة من منخل رقم 4 (4.75ملم) وزنها 3 كيلوجرام تقريباً .
2. الطريقة الثانية Method B باستخدام الوعاء الأسطواني (152.4ملم) وتربة مارة من منخل رقم 4 (4.75ملم) وزنها 7 كيلوجرام تقريباً .
3. الطريقة الثالثةMethod C باستخدام الوعاء الأسطواني (101.60ملم) وتربة مارة من منخل رقم 0.75 (19 ملم) وزنها 5 كيلوجرام تقريباً .
4. الطريقة الرابعةMethod D باستخدام الوعاء الأسطواني (152.4 ملم) وتربة مارة من منخل رقم 0.75 (19 ملم) وزنها 11 كيلوجرام تقريباً .

2. الأدوات المستخدمة .
   1. أدوات الدمك وتشمل .
      - قالب الدمك الأسطواني Mold حسب الطريقة المتبعة .
      - حلقة Collar وقاعدة Base Plate .
      - مطرقة الدمك Rammer , إما يدوية أو ميكانيكية .
   2. مناخل حسب الطريقة المتبعة .
   3. أداة استخراج العينة (رافعة) ومسطرة .
   4. ميزان وفرن تجفيف .
3. الطريقة .
   1. جهز حوالي 3 كيلوجرام من التربة المارة من منخل رقم 40 والتي تم تحديد نسبة الرطوبة الطبيعية لها ، ثم أضف إليها الماء للحصول على محتوى مائي حوالي 4 ٪ أو 5٪ أقل من المحتوى الرطوبي الأمثل للتربة ثم اخلط التربة جيداً .
   2. قس وزن القالب الأسطواني مع القاعدة وليكن W1 .
   3. اربط القاعدة والحلقة المعدنية والأسطوانة مع القالب .
   4. ادمك التربة على ثلاث طبقات في حالة استخدام الطريقة القياسية ، أو خمس طبقات في حالة استخدام الطريقة المعدلة . ادمك كل طبقة 25 مرة قبل إدخال الطبقة التالية ، وذلك باستخدام المطرقة والارتفاع بالطريقة القياسية أو المعدلة التي سبق شرحها .
   5. افصل الحلقة عن القالب وباستخدام المسطرة أزل التربة الزائدة لتتساوي مع سطح القالب ، وفي حالة وجود فجوات أضف مواد ناعمة أو خشنة لملء الفراغات .
   6. قس وزن القالب الأسطواني مع القاعدة والتربة المدموكة W2 .
   7. افصل القاعدة ثم استخرج عينة التربة باستخدام الرافعة .
   8. خذ عينة ممثلة من التربة المدموكة من أسفل ووسط وأعلى القالب (حوالي 100جم) لتحديد المحتوي المائي .
   9. امزج التربة مع التربة المتبقية وأضف حوالي 2 ٪ من الماء واخلطهما جيداً .
   10. كرر الخطوات من 4 إلى 8 عدة مرات حتى تلاحظ أن وزن القالب مع القاعدة والتربة بدأ يقل رغم زيادة الماء ثم سجل بعدها محاولتين .
   11. الكثافة الرطبة للتربة γ_{wet} = وزن التربة ÷ حجم الوعاء

الكثافة الجافة للتربة γ_d =الكثافة الرطبة للتربة 1) ÷ γ_{wet} + المحتوى المائي)

12. ارسم الكثافة الجافة للتربة γ_d مع المحتوى المائي w على رسم بياني والتي ستشكل منحنى ومنه

حدد الكثافة الجافة العظمى للتربة $\gamma_{d\ max}$ ، وهي أعلى نقطة في المنحنى ويمثل المحتوي المائي لهذه النقطة المحتوى الرطوبي الأمثل(OMC) .

5 – 6 – الوحدة الوزنية للتربة Unit Weight , g

يتم تحديد كثافة التربة بعد أخذ كتلة من التربة ووزنها ثم وضعها في إناء تحديد الحجم ومعرفة كمية الماء المطلوبة لملء الإناء حسب المعادلة التالية :

كثافة التربة = وزن عينة التربة ÷ (حجم الإناء – حجم الماء)

وتستخدم الكثافة في حساب ضغط حمل التربة Overburden Pressure المستخدم في حساب مقدار انضغاط التربة وتحديد الضغط الجانبي للحوائط الاستنادية ومعامل الاحتكاك للخوازيق(Piles) .

5 – 7 الكثافة النسبية (Relative Density (Dr) (ASTM D 4253 , D 4254

تستخدم الكثافة النسبية عادة للرمل عن طريق تحديد نسبة الفراغات الطبيعية والصغرى والقصوى (Void Ratio, e) للتربة ، ولصعوبة تحديد نسبة الفراغات في التربة فإنه يتم حساب الكثافة النسبية كما يلي :

الكثافة النسبية Dr = الكثافة القصوى (كثافة التربة في الحقل – الكثافة الصغرى) ÷ كثافة التربة في الحقل (الكثافة القصوى – الكثافة الصغرى) .

$$Dr = \gamma_{d\ max} (\gamma_d - \gamma_{d\ min}) / \gamma_d (\gamma_{d\ max} - \gamma_{d\ min})$$

حيث إن

Dr : الكثافة النسبية للتربة .

$\gamma_{d\ max}$: الكثافة القصوى .

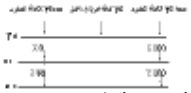
γ_d : كثافة التربة في الحقل .

$\gamma_{d\ min}$: الكثافة الصغرى .

وتستخدم الكثافة النسبية في حساب نسبة الدمك ولتقدير قوة تحمل التربة ، ويبين الجدول التالي قيم الكثافة النسبية مع حالة التربة .

التربة	الكثافة النسبية
مخلخلة جداً Very Loose	10 – 15
مخلخلة Loose	15 – 35
متوسطة الدمك Medium Compact	35 – 65
مدموكة Compact	65 – 85
مدموكة جداً Very Compact	85 – 100

جدول رقم (4) قيم الكثافة النسبية مع حالة التربة



الدمك النسبي RC = كثافة التربة في الحقل / كثافة التربة القصوى .
شكل رقم (4) العلاقة بين الكثافة النسبية والكثافة والدمك النسبي

طريقة الاختبار :

1. المواصفات الفنية .
   (ASTM D – 4253 (Minimum Index Density
   (Maximum Index Density) 4254 – ASTM D
2. الأدوات المستخدمة .

1. قالب أسطواني قياسي Mold حجمه 2830سم3 وآخر حجمه 14200سم3.
2. قاعدة الأوزان Surcharge Base Plate مع المقبض والأوزان .
3. مؤشر مع مقبض لقياس اختلاف الارتفاع بين سطح القالب وقاعدة الأوزان .
4. مناخل (75 ملم و 37.5ملم و 19 ملم و 9.5 ملم ورقم 4 ورقم 200).
5. طاولة هزازة Vibrating Table .
6. ميزان وفرن تجفيف .

3. الطريقة

3 – 1 مؤشر الكثافة القصوى Maximum Index Density , γ d max

1. جهز العينات حسب أكبر حبيبة في التربة وفقاً للجدول التالي :

مقاس أكبر حبيبة (ملم(	الوزن المطلوب (كجم (	مقاس القالب (سم3 (
75	34	14200
38	34	14200
19	11	2830
9.5	11	2830
4.75أو أقل	11	2830

2. اخلط العينة المجففة في الفرن جيداً ثم املأ القالب بالتربة باستخدام قمع .
3. ضع قاعدة الأوزان على التربة وأدرهما يميناً ويساراً لتسوية السطح ثم افصل قابض القاعدة .
4. ثبت القالب على الطاولة الهزازة ثم ضع الأوزان المناسبة في مكانها .
5. جهز طاولة الاهتزاز لتكون بتردد 60 هيرتز واهتزاز رأسي مزدوج مقداره 0.33 ملم أو تردد 50 هيرتز واهتزاز رأسي مزدوج مقداره 0.48 ملم .
6. شغّل الطاولة الهزازة لمدة 8 دقائق في التردد 60 هيرتز أو لمدة 12 دقيقة في التردد 50 هيرتز .
7. افصل القالب ثم قس وزنه مع التربة ومنه احسب وزن التربة .
8. d Max والتي تساوي وزن التربة على حجم القالب .γاحسب الكثافة القصوى للتربة
9. كرر العملية عدة مرات حتى تكون قيمة الكثافة القصوى للمحاولات متقاربة (حوالي 2٪) ثم اوجد متوسط هذه القيم .

3d minγ – 2 مؤشر الكثافة الصغرى Minimum Index Density

1. جهز العينات حسب أكبر حبيبة في التربة وفقاً للجدول التالي :

مقاس أكبر حبيبة (ملم (	الوزن المطلوب (كجم (	مقاس القالب (سم3 (	أداة وضع التربة
75	34	14200	كريك
38	34	14200	ملعقة
19	11	2830	ملعقة
9.5	11	2830	ملعقة بقطر 25 ملم
4.75أو أقل	11	2830	ملعقة بقطر 25 ملم

2. اخلط العينة المجففة في الفرن جيداً ثم املأ القالب بالتربة باستخدام الأدوات الموضحة بالجدول ببطء مع ملاحظة عدم دمك التربة إلى حوالي 25 ملم أعلى من سطح القالب للحصول على أكبر نسبة من الفراغات في التربة .
3. أزل التربة الزائدة بحذر شديد بواسطة مسطرة حديدية .
4. احسب وزن القالب مع التربة ومنه احسب وزن التربة .
5. احسب الكثافة الصغرى للتربة γd min والتي تساوي وزن التربة على حجم القالب .
6. كرر العملية عدة مرات حتى تكون قيمة الكثافة الصغرى للمحاولات متقاربة (حوالي 1٪) ثم

أوجد متوسط هذه القيم .

7. احسب الكثافة النسبية بالمعادلة التالية:

$$Dr = (\gamma d\ min - \gamma d\ max)\ \gamma d / (\gamma d\ min - \gamma d)\ \gamma d\ max$$

حيث إن

Dr : الكثافة النسبية للتربة .

$\gamma d\ max$: الكثافة القصوى .

γd : كثافة التربة في الحقل .

$\gamma d\ min$: الكثافة الصغرى .

5 – 8 الوزن النوعي للتربة Gs, Specific Gravity of Soils

يستخدم الوزن النوعي تقريباً في كل المعادلات التي تمثل علاقات حالة كل من الهواء والماء والمواد الصلبة الموجودة في حيز معين .

نوع التربة	الوزن النوعي
ركامية	2.65 – 2.68
رملية	2.65 – 2.68
طمييية	2.62 – 2.68
طينية عضوية	2.58 – 2.65
طينية غير عضوية	2.68 – 2.75
التربة العضوية	أقل من 2

وفي العادة يتم أخذ قيمة 2.67 للتربة المفككة و 2.70 للتربة الطينية الغير عضوية .

جدول رقم (5) الوزن النوعي حسب نوع التربة

طريقة الاختبار :

1. المواصفات الفنية .
   ASTM – 854
   AASHTO T -100
2. الأدوات المستخدمة .
   1. دورق بحجم 100 مليلتر .
   2. ثرمومتر وماء مقطر .
   3. ميزان وفرن تجفيف .
3. الطريقة
   1. املأ الدورق بماء مقطر إلى علامة 100 مليلتر .
   2. قس وزن الدورق والماء Wa ثم حدد درجة حرارة الماء .
   3. زن حوالي 100 جرام من التربة ثم ضعه في الدورق و أضف إليه الماء المقطر إلى ثلثي الدورق .
   4. تخلص من الفقاعات الهوائية للمزيج باتباع أحد الخطوات التالية :
      - سخن الدورق لمدة 15- 20 دقيقة مع التحريك ببطء .
      - صل الدورق بجهاز الشفط Vacuum لمدة 10 دقائق وحرك الدورق باتجاه نصف دائري .
   5. تأكد من أن درجة حرارة الماء بالدورق تساوي درجة الحرارة التي تم قياسها في 2 .
   6. أضف ماءً مقطراً إلى الدورق حتى علامة 100 مليلتر ثم احسب وزن الدورق مع التربة والماء Wb .
   7. ضع جميع ما في الدورق من التربة والماء في طبق تبخير ثم ضعه في الفرن ليجف وحدد وزن

التربة الجافة Wo .

8. احسب الوزن النوعي كما يلي .

- الوزن النوعي (درجة حرارة المعمل) .

{ (Gs @ Tx = W o { W o + (W a – W b }

حيث إن :

TX : درجة حرارة المعمل .

Wo : وزن التربة الجافة بالجرام .

Wa : وزن الدورق مملوءاً بالماء عند درجة حرارة المعمل بالجرام .

W b : وزن الدورق مع التربة والماء عند درجة حرارة المعمل بالجرام .

- الوزن النوعي (درجة حرارة 20) = الوزن النوعي (درجة حرارة المعمل) × (γwater. (water) / (درجة حرارة 20) γدرجة حرارة المعمل)

5 – 9 تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا California Bearing Ratio , CBR

وهو قياس الحمل اللازم لغرز إبرة ذات قطر معين وبسرعة معينة في عينة التربة عند قيم محددة للمحتوى المائي والكثافة ، وحساب نسبة هذا الحمل (الضغط) إلى الحمل (الضغط) القياسي عند غرز للإبرة مقداره 5,2ملم (1ر. بوصة) أو 5ملم (2ر. بوصة) ويعطي الاختبار معلومات عن مدى انتفاخ التربة ومقدار القوة المفقودة للتربة عندما تكون التربة مشبعة بالماء ، كما تعطي نسبة التحمل لكاليفورنيا تصوراً عن تصرف التربة تحت الأزفلت (مواد الأساس) ، ويمكن عمل الاختبار في الحقل أو المعمل , ويوضح الجدول التالي بعض القيم لنسبة التحمل .

1. المواصفات الفنية .

ASTM – 854

AASHTO T -100

2. الأدوات المستخدمة .

1. دورق بحجم 100 مليلتر .
2. ثرمومتر وماء مقطر .
3. ميزان وفرن تجفيف .

3. الطريقة

1. املأ الدورق بماء مقطر إلى علامة 100 مليلتر .
2. قس وزن الدورق والماء Wa ثم حدد درجة حرارة الماء .
3. زن حوالي 100 جرام من التربة ثم ضعه في الدورق و أضف إليه الماء المقطر إلى ثلثي الدورق .
4. تخلص من الفقاعات الهوائية للمزيج باتباع أحد الخطوات التالية :

- سخن الدورق لمدة 15- 20 دقيقة مع التحريك ببطء .
- صل الدورق بجهاز الشفط Vacuum لمدة 10 دقائق وحرك الدورق باتجاه نصف دائري .

5. تأكد من أن درجة حرارة الماء بالدورق تساوي درجة الحرارة التي تم قياسها في 2 .
6. أضف ماءً مقطراً إلى الدورق حتى علامة 100 مليلتر ثم احسب وزن الدورق مع التربة والماء Wb .
7. ضع جميع ما في الدورق من التربة والماء في طبق تبخير ثم ضعه في الفرن ليجف وحدد وزن التربة الجافة Wo .
8. احسب الوزن النوعي كما يلي .

- الوزن النوعي (درجة حرارة المعمل) .

{ (Gs @ Tx = W o { W o + (W a – W b }

حيث إن :

TX : درجة حرارة المعمل .

Wo : وزن التربة الجافة بالجرام .

Wa : وزن الدورق مملوءاً بالماء عند درجة حرارة المعمل بالجرام .

W b : وزن الدورق مع التربة والماء عند درجة حرارة المعمل بالجرام .

- الوزن النوعي (درجة حرارة 20) = الوزن النوعي (درجة حرارة المعمل) × (درجة حرارة المعمل) γحرارة 20 /water) .γ(درجة حرارة 20)

5 – 9 تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا California Bearing Ratio , CBR

وهو قياس الحمل اللازم لغرز إبرة ذات قطر معين وبسرعة معينة في عينة التربة عند قيم محددة للمحتوى المائي والكثافة ، وحساب نسبة هذا الحمل (الضغط) إلى الحمل (الضغط) القياسي عند غرز للإبرة مقداره 5,2ملم (1ر. بوصة) أو 5ملم (2ر. بوصة) ويعطي الاختبار معلومات عن مدى انتفاخ التربة ومقدار القوة المفقودة للتربة عندما تكون التربة مشبعة بالماء ، كما تعطي نسبة التحمل لكاليفورنيا تصوراً عن تصرف التربة تحت الأزفلت (مواد الأساس) ، ويمكن عمل الاختبار في الحقل أو المعمل , ويوضح الجدول التالي بعض القيم لنسبة التحمل .

نسبة التحمل CBR	تصنيف المواد	مجال الاستخدام	النظام الموحد USC	نظام آشتو AASHTO
0-3	ضعيفة جداً	القاعدة الترابية	OH,CH,MH,OL	A5 ,A6,A7
3 – 7	ضعيفة	القاعدة الترابية	OH,CH,MH,OL	A4 , A5 ,A6,A7
7 – 20	مقبولة	تحت الأساس	OH,CH,MH,OL	A2 , A4 ,A6,A7
20-50	جيدة	أساس و تحت الأساس	GM ,GC,SW ,SM ,SP,GP	A1b , A2 – 5, A3,A2-6
أكبر من 50	ممتازة	أساس	GW ,GM	A1a,A2 -4,A3

جدول رقم (6) يوضح بعض قيم نسبة التحمل (CBR)

وتستخدم القيم القياسية الموضحة في الجدول التالي لحساب نسبة التحمل :

وحدة الوزن القياسية)ميجا باسكال (	مقدار الاختراق) ملم (
6.9	2.5
10.3	5.00
13.00	7.5
16.00	10
18.00	12.7

جدول رقم (7) حساب نسبة التحمل (CBR)

طريقة الاختبار :

1. المواصفات الفنية .
   ASTM D – 1883 - 87
   AASHTO T – 193- 81
2. الأدوات المستخدمة .
   1. أدوات اختبار الـ CBR والتي تتكون من :
      - قالب الدمك الأسطواني Mold حسب الطريقة المتبعة .
      - حلقة Collar وقاعدة Base Plate .
      - مطرقة الدمك Rammer , إما يدوية أو ميكانيكية .
      - أداة قياس الانتفاخ مع مؤشر وأوزان .
      - آلة قياس الضغط مثبت عليها إبرة الاختراق .
   2. ميزان وفرن تجفيف .
3. الطريقة .
   1. جهز حوالي 12 كيلو جرام من التربة المارة من منخل رقم (4), واخلطها مع كمية الماء المناسبة تبعاً للمحتوى المائي المطلوب .

2. خذ عينات من التربة لتحديد المحتوى المائي للتربة .
3. احسب وزن القالب الأسطواني Mold بدون القاعدة والحلقة .
4. اربط القاعدة والحلقة المعدنية والأسطوانة مع القالب ثم ضع ورقة الترشيح .
5. ادمك التربة حسب طريقة الدمك العادية أو المعدلة والتي سبق شرحها .
6. افصل الحلقة المعدنية عن القالب الأسطواني ، ثم أزل التربة الزائدة ليتساوى سطح التربة مع سطح القالب ، وفي حالة وجود فجوات تضاف تربة لسدها من نفس التربة .
7. افصل القاعدة والأسطوانة ثم احسب وزن القالب الأسطواني مع التربة ، ومنه حدد وزن وكثافة التربة .
8. ضع ورقة ترشيح على القاعدة ثم اقلب العينة واربط القالب مع القاعدة .
9. ضع مجموعة من الأوزان كافية لا تقل عن 4.5كجم (تعادل وزن ضغط التربة على الطبيعة Overburden Pressure) ، ثم سجل قيمة هذه الأوزان .
10. اغمر العينة تماماً بالماء ثم أوصل المؤشر المدرج Dial Gauge دقة قراءته 0.01ملم ثم صفّر المقياس .
11. سجل زمن بداية الاختبار ثم خذ قراءات بعد مرور 0 ، 1 ، 2 ، 4 ، 8 ، 12 ، 24 ، 36 ، 48 ، 72 ، 96 ساعة لتحديد مقدار الانتفاخ مع ملاحظة أن الاختبار يمكن أن ينتهي بعد مرور 48 ساعة عند ثبوت القراءة بعد هذا الوقت لمدة 24 ساعة.
12. بعد الانتهاء من تحديد مقدار الانتفاخ اترك العينة لمدة 15 دقيقة لخروج الماء ثم جفف سطحها واحسب وزن العينة مع القالب .
13. ضع العينة في آلة قياس الضغط ثم ضع أوزاناً لا تزيد عن 4.5كيلو جرام وصفّر مؤشر الضغط وكذلك مؤشر الاختراق .
14. زد قيمة الضغط والاختراق لها .
15. بعد انتهاء الاختبار استخرج عينة التربة ثم خذ عينات من الثلث الأول والوسط والثلث الأخير لتحديد المحتوى المائي للتربة المدموكة .
16. ارسم منحنى الضغط (كيلو باسكال) مع الاختراق (ملم) ثم سجل مقدار الضغط عند الاختراق 0.2 و 2.5 و 5.0 ملم ومنها حدد قيمة التحمل بالمعادلة التالية :

    نسبة تحميل كاليفورنيا (CBR) = مقدار الضغط في الاختبار / مقدار الضغط القياسي × 100 (٪) .

    يجب ملاحظة أنه عندما تكون نسبة التحمل عند اختراق 5.00ملم أكبر من نسبة التحمل عند اختراق 2.5 ملم يجب إعادة الاختبار مرة أخرى .
17. احسب معدل المحتوى المائي والكثافة الجافة قبل وبعد الاختبار .
18. ارسم منحنى نسبة الانتفاخ (٪) مع الوقت (دقيقة) بناءً على التغير الحاصل في ارتفاع العينة .
19. في حالة استخدام طريقة عدم غمر العينة بالماء اتبع الخطوات السابقة دون غمر العينة بالماء .

6 - اختبارات الركام

6-1التحليل المنخلي للمواد الخشنة والناعمة
Coarse Aggregate AASHTO(T27-78 Sieve Analysis Of Fine And)

1. **المجال**

تبين هذه التجربة طريقة تحديد التدرج الحبيبي للركام الخشن والناعم باستخدام مناخل ذات فتحات مربعة أو دائرية.

2. **الأجهزة :**

أ – موازين ذات حساسية تصل إلى 0.1٪ من وزن العينة .

ب - مناخل قياسية .

ج – فرن يعطي درجة حرارة 110± 5مْ .

3. **حجم العينة :**

أ – تقسم العينة بواسطة جهاز التقسيم القياسي حتى تصل إلى الوزن المطلوب تقريباً بحالتها الطبيعية .

ب – يكون وزن العينة من الركام الناعم 100 جم في حالة كون المار من المنخل رقم (8) 95٪ على الأقل .
جـ- يكون وزن العينة من الركام الناعم 500 جم في حالة كون المار من المنخل رقم (4) 85 ٪ على الأقل .

4. **طريقة الفحص :**

أ- يتم تجفيف العينة على درجة حرارة 110± 5مْ .
ب- يتم وزن العينة بعد تجفيفها وتخضع للغسيل على منخل رقم 200 إلا إذا لم يكن تحديد المواد المارة من منخل رقم 200 مطلوباً يتم التجفيف إلى وزن ثابت على درجة حرارة 110± 5مْ .
جـ- تفصل العينة على مجموعة المناخل التي تعطي حدود المواصفات الخاصة بالغرض المزمع استخدامها لأجله وتكون عملية الهز على المناخل من حركة عرضية ورأسية لكي تبقي العينة في حالة حركة مستمرة على سطح المنخل ، ولا يسمح باستعمال الأيدي لإمرار المواد من فتحات المناخل ، ويستمر الهز حتى لا يمر من المنخل أكثر من 1٪ من وزن المتبقي خلال دقيقة كاملة ، وفي حالة استخدام الهزاز الميكانيكي تختبر العينة بالطريقة اليدوية كما تم وصفه .
د – يكون وزن عينة الركام الخشن كالآتي :
أقصى حجم بالبوصة : 3⁄8 ″ 1⁄2 ″ 3⁄4 ″ 1 ″ 1 1/2 ″
الوزن(جم) : 1000 2000 5000 10000 15000
أقصى حجم بالبوصة : 2 ″ 1 1/2 ″ 2 ″ 3 ″ 1/2 3 ″
الوزن(جم) : 20.000 35.000 60.000 100.000
هـ - في العينات ذات الخليط من الركام الخشن والناعم تفصل العينة على منخل رقم 4 وتجهز العينة حسب الفقرات ب ، ج .
و- بالنسبة للمار من منخل رقم 200 في الركام الناعم يتم اتباع طريقة آشتو T-11-78 بتحديد المار من منخل رقم 200 الذي سوف يلي ذكره .
ز- بعد انتهاء الهز والتنخيل يتم وزن المواد المتبقية على كل منخل ويجب ألا يختلف مجموع الأوزان عن الوزن الأصلي للعينة بأكثر من 0.3٪ .

5. **الحسابات :**

يتم حساب النسبة المئوية لكل جزء متبقٍّ على كل منخل بقسمة هذا الوزن على الوزن الكلي للعينة ثم يتم حساب النسب المئوية التراكمية ، فمثلاً النسبة المئوية المتبقية على المنخل الأول تبقى كما هي ، أما النسبة المئوية التراكمية على المنخل التالي فهي مجموع ما تبقى على الأول والثاني . وهكذا فالنسبة التراكمية المتبقية على الثالث هي مجموع ما تبقى على الأول والثاني والثالث ، ولحساب النسب المئوية التراكمية للأجزاء المارة يمكن البدء من أصغر منخل ثم إضافة الذي يليه ، فمثلاً المار من أصغر منخل هي النسبة التي تبقت على الصينية والمار من المنخل الأعلى هو مجموع ما تبقى على الصينية والمنخل الذي فوقها ، وهكذا .

6. **التقرير :**

يجب أن يحوي التقرير النسبة المئوية الكلية للمادة المارة من كل منخل أو النسبة المئوية الكلية للمادة المتبقية على كل منخل ، كما يجب أن يحتوي على النسبة المئوية للمادة المتبقية بين المناخل المتتالية .

7. **معامل النعومة :**

يحسب معامل النعومة بجمع كل نسبة مئوية كلية متبقية للمادة على كل منخل ويقسم المجموع على 100، فمثلاً إذا كانت النسبة المئوية الكلية المحجوزة على المناخل كما يلي :
منخل ملم = 9.5 4.76 2.4 1.2 600 ميكرون 300 150
النسبة المئوية الكلية المتبقية=
صفر 2 12 22 41 76 93
:. مجموع المتبقيات = 246
ويكون معامل النعومة 2.46 .
إن قيمة معامل النعومة تزداد بزيادة خشونة الركام ، ويمكن لعدة تدرجات أن يكون لها نفس المعامل ، ولهذا لا يمكن استعمال المعامل لوصف التدرج ولكنه يفيد لمعرفة التغيرات في الركام من نفس المصدر كما يستعمل في تصحيح الخلطات الخرسانية .

6 -2 الوزن النوعي والامتصاص للركام Absorption & Aggregate Specific Gravity

يتم في هذا الاختبار تحديد الوزن النوعي الكلي والظاهري والامتصاص لمواد الركام الناعمة والخشنة في درجة حرارة 23 درجة مئوية والذي يستخدم في صناعة أنواع الخرسانة .

طريقة الاختبار :

1. المواصفات الفنية .
   C – 128 & ASTM C – 127
   85 - T & AASHTO T – 84
2. الأدوات المستخدمة .
   1. دورق Pycnometer بسعة 500 مليلتر .
   2. قالب مخروطي .
   3. أداة للدك Tamper مسافة وزنها 345 جرام .
   4. أدوات خلط التربة .
   5. ميزان لا تقل سعته عن 5 كجم .
   6. وعاء كبير لحفظ العينة .
   7. أداة لتعليق الوعاء في الماء .
3. الطريقة .

الركام الناعم

1. جهز حوالي 1 كجم من الركام الناعم ثم جففه بفرن درجة حرارته 110 درجة مئوية واتركه ليبرد ثم اغمره بالماء لمدة 15 إلى 19 ساعة .
2. أفرد العينة على سطح مستو وجاف بعد تجفيف سطح العينة ثم مرر هواءً ساخناً على العينة بعناية حتى لا تتطاير الحبيبات الصغيرة .
3. املأ جزءاً من الدورق بالماء ثم أضف إليه 500 جرام من الركام المشبع بالماء والمجفف سطحه (Saturated Surface – Dry (SSD ثم أضف ماء إلى الدورق إلى حوالي 90٪ وحرك الدورق ببطء على شكل حركة نصف دائرية حتى تخرج الفقاعات الهوائية واحسب وزن الدورق والماء والركام .
4. قم بإخراج الركام من الدورق وجففه في فرن درجة حرارته 110 درجة مئوية واحسب الوزن .
5. احسب وزن الدورق وهو مملوء بالماء .
6. احسب الوزن النوعي والامتصاص بالمعادلات التالية :
   أ - الوزن النوعي الكلي
   (Bulk Specific Gravity = A / (B + 500-C
   حيث إن :
   A = وزن الركام المجفف بالفرن بالجرام .
   B = وزن الدورق مع الماء بالجرام .
   C = وزن الدورق مع الماء والركام بالجرام .
   ب – الوزن النوعي الظاهري
   (Gravity = A / (B + A –C Apparent Specific
   ج – الامتصاص
   [A) / A –) = [(500٪X 100 Absorption (

الركام الخشن

7. جهز حوالي 5كجم من الركام الخشن بعد استبعاد المواد المارة من منخل رقم (4) ، ثم اغسل الركام وجففه بفرن درجة حرارته 110 درجة مئوية واتركه ليبرد ثم اغمره بالماء لمدة لا تقل عن 15 ساعة . يجب ملاحظة أن وزن الركام الخشن يعتمد على أكبر مقاس للركام والجدول التالي يوضح ذلك :

8.

(الـوزن (كجم	أكبر مقاس (للركام (ملم
2	12.5
3	19
4	25
5	37.5
8	50
12	63
18	75
25	90
40	100
50	112
75	125
125	150

9. أفرد الركام على قطعة من القماش حتى يجف سطحه ، وجفف العينات الكبيرة على حده ، واحسب وزن الركام .
10. ضع الركام في وعاء واحسب وزنه في الماء مع ملاحظة عدم وجود أية فقاعات هوائية بين الركام .
11. جفف الركام في فرن درجة حرارته 110 درجة مئوية ثم برده واحسب الوزن .
12. احسب الوزن النوعي والامتصاص بالمعادلات التالية :

أ - الوزن النوعي الكلي

(Bulk Specific Gravity = A / (B -C) .

والوزن النوعي الكلي للركام المشبع بالماء والمجفف سطحه

SSD = B / (B –C)

A = وزن الركام المجفف بالفرن بالجرام .

B = وزن الدورق مع الماء بالجرام .

C = وزن الدورق مع الماء والركام بالجرام .

ب – الوزن النوعي الظاهري

(Apparent Specific Gravity = A / (A – C)

ج – الامتصاص

Absorption ٪ 100 x (B – A) / A =( )

3-6 مقاومة الركام للبري Los Angelos Abrasion

يتم في هذا الاختبار تحديد مقاومة الركام للبري لمواد الركام الأصغر من 37.5 ملم باستخدام جهاز لوس أنجلوس .

طريقة الاختبار

1. المواصفات الفنية .

ASTM C – 131

AASHTO T – 96

2. الأدوات المستخدمة .
   1. ميزان وفرن تجفيف .
   2. مناخل .
   3. جهاز لوس أنجلوس ويتكون من التالي :

- أسطوانة دائرية من الصلب قطرها 711 ملم وطولها 508 ملم ، بها فتحة لإدخال وإخراج العينات مع غطاء محكم لمنع خروج المواد الناعمة ، وبداخلها رف حديدي على طول الأسطوانة وببروز 89 ملم إلى الداخل ومثبتة من الخارج على محور ارتكاز أفقي يمكّن الأسطوانة من الدوران حول المحور الأفقي بميلان من 1 إلى 100 .

- كرات معدنية متوسطة قطرها 46.8 ملم ووزن كل منها ما بين 390 جم إلى 445 جم حيث يعتمد عدد هذه الكرات على وزن العينة المراد تحديد مقاومة البري لها والذي يعتمد على تدرج العينة طبقاً لما يلي :

عدد الكرات	تدرج العينة	وزن العينة بالجرام
12	A	5000
11	B	4584
8	C	3330

4. ويعطي الجدول التالي التدرج الحبيبي لعينات الاختبار :

مقاس المنخل		الوزن بالجرام التدرج			
مار من	محجوز على	A	B	C	D
37.5	25	1250 ± 25	-	-	-
25	19	1250 ± 25	-	-	-
19	12.5	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
12.5	9.5	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
9.5	6.3	-	-	2500 ± 10	-
6.3	4.75	-	-	2500 ± 10	-
4.75	2.36	-	-	-	5000 ± 10
المجمـوع		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

5. (جدول رقم 9) يوضح التدرج الحبيبـي لعينات الاختبار

3. الطريقة .

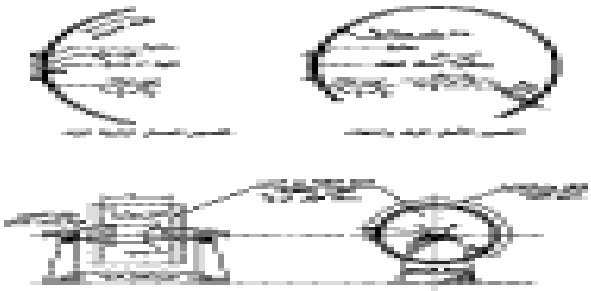
1. تجهز العينات من الركام النظيف والجاف ثم توزن إلى أقرب 5 جرامات(Wo) .
2. يوضع الركام وعدد الكرات حسب ما هو موضح بالجداول السابق في جهاز لوس أنجلوس ، ويشغل الجهاز بمقدار 500 دورة بسرعة 30 إلى 33 دورة في الدقيقة ، ثم تخرج المواد وتنخل على منخل رقم 12 ، ثم يتم غسل المواد المحجوزة عليه وتجفيفها ثم توزن لأقرب 5 جرامات (Wf) .
3. يتم حساب مقدار البري في الركام كما يلي :

مقدار البري (٪) = (Wo – Wf) / Wo x 100

حيث أن :

Wo : الوزن الأصلي للركام قبل الاختبار .

Wf : وزن الركام بعد الاختبار وبعد نخله وغسله وتجفيفه .



شكل رقم (5) جهاز لوس أنجلوس لاختبار تآكل المواد

4-6 تآكل الركام Soundness Of Aggregate

في هذا الاختبار يتم تحديد مقاومة الركام للتآكل باستخدام محلول كبريتات الصوديوم أو كبريتات المغنيسيوم لإعطاء معلومات عن تأثير العوامل الجوية والتعرية على الركام .

طريقة الاختبار :

1. المواصفات الفنية .
   ASTM C – 88
   AASHTO T – 104
2. الأدوات المستخدمة .
   1. مناخل المواد الناعمة من رقم 4 إلى رقم 100 .
   2. مناخل المواد الخشنة من 63 ملم إلى 8 ملم .
   3. إناء تغمر فيه العينة بالمحلول .
   4. جهاز أوتوماتيكي للنخل .
   5. ميزان وفرن تجفيف .
   6. محلول كبريتات الصوديوم أو كبريتات المغنيسيوم .
3. الطريقة
   1. لاختبار الركام الناعم لابد أن يكون ماراً من منخل 9.5 ملم للحصول على ما لا يقل وزنه عن 100 جم لكل من المناخل التي تليها ثم تغسل العينة على منخل 0.30 ملم وتجفف بالفرن وتوزن لأقرب 0.1جم .
   2. لاختبار الركام الخشن لا بد أن يكون محجوزاً على منخل رقم (4) للحصول على ما لا يقل وزنه عن التالي :

المنخل بالملم	الوزن بالجرام
4.75 – 9.5	300 ± 5
9.5 – 19	1000 ± 10
19 – 37.5	1500 ± 50
37.5 – 63	5000 ± 300
الأحجام الأكبر موزعة بمقدار منخل حجم 25 ملم ، كل جزء	7000 ± 1000

   3. وتغسل العينة وتجفف وتوزن لأقرب 1 جم .
   4. تغمر العينة في إناء به محلول كبريتات الصوديوم أو كبريتات المغنيسيوم لمدة لا تقل عن 6 ساعات ولا تزيد عن 18 ساعة على أن يغطي المحلول العينة تماماً ويزيد عنها بمقدار 12.7 ملم ، ويغطى الإناء حتى لا يتبخر المحلول ، كما يجب أن تكون درجة الحرارة 21 درجة مئوية طيلة مدة الغمر .
   5. بعد انتهاء مدة الغمر تزال العينة ثم تترك لينـزل منها المحلول لمدة 15 دقيقة وتوضع في فرن درجة حرارته 110 درجة مئوية ثم تترك العينة لتبرد ، وتكرر العملية الواردة في الخطوة رقم 3 عدة مرات .
   6. بعد نهاية الغمر بالمحلول تغسل العينة بالماء حتى يزول المحلول تماماً ، ويمكن التأكد من أن المحلول تم غسله بواسطة إضافة محلول كلوريدات الباريوم Chloride Barium مع الماء وملاحظة التفاعل .
   7. بعد انتهاء عملية الغسل تجفف العينة بالفرن ثم تنخل ميكانيكياً على نفس المناخل التي سبق تحضيرها به لمدة 10 دقائق وتوزن العينات .
   8. تتم معاينة العينات الأكبر من منخل 19 ملم أثناء عملية الغمر وبعد الانتهاء من الاختبار من ناحية تأثرها بالمحلول وعدد العينات التي تأثرت ، وتكسرها أو تشققها وما إلى ذلك.
   9. يحسب مقدار الفاقد في وزن الركام للمواد المارة من المناخل مقارنة بوزن الركام قبل بدء الاختبار ، وتحسب النسبة المئوية إلى أقرب 0.1٪ ، وتحسب المواد المارة من منخل 0.3 ملم على أن مقدار الفاقد هو صفر ٪ .

5-6 إيجاد كمية المواد الناعمة التي هي أنعم من منخل 75 ميكرون بطريقة الغسيل

المواصفات الفنية : (ASTM C117 , AASHTO T 11) .

1. **المجال :**
يتم في هذا الاختبار تحديد المواد الناعمة المارة من منخل رقم (200)(75 ميكرون) في الركام .
2. **الأجهزة :**
أ – تتكون من منخلين أحدهما يعلو الآخر ، الأسفل هو رقم 200 والأعلى رقم 16 ، وكلاهما مطابق للمواصفات القياسية للمناخل .
ب- وعاء ذو حجم مناسب وكاف لاستيعاب العينة المغطاة بالماء ، ويسمح بالحركة الشديدة دون فقدان أو تناثر الماء والعينة .
ج - ميزان ذو حساسية 0.1٪ من وزن المادة المطلوب اختبارها .
د – فرن قادر على إعطاء درجة حرارة 110± 5مْ .
هـ- مواد ترطيب كالصابون والذي يساعد على انفصال المواد الناعمة .
3. **وزن العينة :**
يتم اختبار عينة مخلوطة جيداً وتحوي رطوبة كافية لمنع انفصال الحبيبات بحيث يكون أدنى وزن جاف مقابل لأقصى حجم كالتالي

أقصى حجم	رقم 8 (2.36)ملم	رقم 4 (4.75)ملم	رقم 3/8 (9.5)ملم	رقم 3/4 (19)ملم	رقم 1 1/2 (37.5)ملم
أدنى وزن للعينة (كجم)	0.10	0.50	1.00	2.5	5.00

4. **طريقة الاختبار :**
أ – تجفف العينة إلى وزن ثابت في درجة حرارة 110± 5مْ وتوزن لأقرب 0.2٪ .
ب – يتم وضع العينة بالوعاء ويضاف إليها ماء يكفي لغمرها مع الصابون للتأكد من انفصال المواد الناعمة ، ويرج محتوى الإناء جيداً ، ويصب ماء الغسيل مباشرة فوق المنخلين ، ويفضل استعمال ملعقة كبيرة للرج والهز للمواد في الماء بحيث يعطي الغسيل نتيجة مقبولة .
ج - تكرر عملية الغسيل حتى تصبح مياه الغسيل صافية .
د - يتم جمع المواد المحجوزة على المنخلين بصينية ثم يتم تجفيفها إلى وزن ثابت بدرجة حرارة 110±5مْ .
5. **الحسابات :**

$$\text{نسبة المواد المارة من المنخل رقم 200} = \frac{\text{الوزن الجاف الأصلي – الوزن الجاف بعد الغسيل}}{\text{الوزن الجاف الأصلي}} \times 100$$

6. **التقرير :**
يبين التقرير كمية المواد الناعمة من المنخل 0.075مم (رقم 200) لأقرب 0.2٪ .

6-6 تحديد كتل الطين والحبيبات سهلة التفتت في الركام

المواصفات الفنية : (ASTM C142 , AASHTO T 112)

1. **المجال :**
يحدد هذا الاختبار الكمية التقريبية للكتل الطينية والمواد القابلة للتفتيت في الركام .
2. **الجهاز :**
   1. ميزان بدقة 0.1٪ من وزن العينة .
   2. أوعية بحجم وشكل يسمح بانتشار العينة الموجودة بالقاع على شكل طبقة رقيقة .
   3. مناخل قياسية .
   4. فرن تجفيف بحرارة 110± 5مْ (230± 9فْ)
3. **العينات :**
   1. يتكون الركام المطلوب لهذا الاختبار من المواد المتبقية بعد الانتهاء من اختبار آشتو (T 11) والخاص بتحديد المواد المارة من المنخل 75ميكرون من الركام المعدني بواسطة الغسيل ، وقد يكون ضرورياً خلط مواد من أكثر من اختبار آشتو (T 11) لتوفير الكميات المطلوبة .
   2. يجفف الركام في درجة حرارة 110± 5مْ .

3. تتكون عينات اختبار الركام الناعم من الحبيبات المحجوزة على منخل 1.18مم بوزن لا يقل عن 25جم .
4. تفصل عينات اختبار الركام الخشن باستخدام المناخل التالية 4.75ملم ، 9.5ملم ، 19ملم ، 37.5ملم ، على ألا يقل وزن عينة الاختبار عن الأوزان الموضحة بالجدول التالي :

حجم الحبيبات التي تتكون منها العينة	أقل وزن لعينة الاختبار (كجم)
4.75- 9.5 ملم (رقم 4 - 3⁄8)	1
9.5- 19 ملم (3⁄8 - 3⁄4)	2
19- 37.5ملم (3⁄4 -1 1⁄2)	3
أكبر من 37.5 (1 1⁄2)	5

5. في حال وجود خليط من الركام الناعم والخشن يفصل الخليط على منخل رقم (4) وتجهز العينات حسب البندين 3 ، 4 .

4. **طريقة الاختبار:**

1. توزن عينة الاختبار وتنشر على شكل طبقة رقيقة في قاع الوعاء وتغمر بالماء لمدة 24 ساعة ± 4ساعات ، وتصنف حبيبات يمكن تكسيرها بالأصابع إلى مواد ناعمة ويمكن إزالتها بالنخل المبلل ككتل طينية أو حبيبات سهلة التفتت ، وتفصل الحبيبات المفتتة عن باقي العينة بواسطة النخل المبلل على المناخل المبينة في الجدول التالي :

حجم الحبيبات التي تتكون منها العينة	حجم المناخل اللازمة لإزالة المتبقي من كتل الطين والحبيبات سهلة التفتت
ركام ناعم على المنخل 1.18ملم (رقم16)	0.850ملم (رقم 20)
4.75- 9.5 ملم (رقم 4 إلى 3⁄8)	2.36ملم (رقم 8)
9.5- 19 ملم (3⁄8 - 3⁄4)	2.36ملم (رقم 8)
19- 37.5ملم (3⁄4 - 1 1⁄2)	4.75ملم (رقم 4)
أكبر من 37.5 (1 1⁄2)	4.75ملم (رقم 4)

2. ويجرى النخل المبلل بإمرار مياه على العينة خلال المنخل مع الهز يدوياً حتى تمر جميع المواد الأقل حجماً.

ملاحظة : * يتم تكسير الحبيبات سهلة التفتت بعصرها ودحرجتها بين أصبعي السبابة والإبهام ولا تستخدم الأظافر لتكسيرها أو ضغطها على سطح صلب .

* ترفع الحبيبات المحجوزة بعناية من المنخل وتجفف على حرارة 110± 5مْ ويتم تبريدها ثم توزن لأقرب 0.02٪ من وزن العينة الأصلي .

5. **الحسابات :**

$$ط = \frac{و - و\ م}{و} \times 100$$

6. حيث

ط = النسبة المئوية لكتل الطين والحبيبات سهلة التفتت .

و = وزن العينة الجاف الأصلي .

و م = وزن الأجزاء المغسولة المجففة والمحجوزة على منخل الغسل الموضح بالجدول السابق .

* تكون النسبة المئوية لكتل الطين والحبيبات سهلة التفتت في حالة الركام الخشن عبارة عن المتوسط على أساس

النسبة المئوية لكتل الطين والحبيبات سهلة التفتت لكل جزء محجوز على منخل ، ويتم وزنه حسب تدرج العينة الأصلية قبل الانفصال أو متوسط التدرج للعينة التي تمثل المواد الموردة وهو الأكثر تفصيلاً ، ولا تختبر أحجام الركام الممثلة بأقل من 5 ٪ من أي حجم مبين في البند (4-1) ولكن لأغراض حساب متوسط الوزن فيفترض أنها تحتوي على نفس النسبة المئوية لكتل الطين والحبيبات سهلة التفتت للحجم الثاني الأكبر أو الأصغر أيهما وجد .

6 – 7 تقدير المواد اللدنة الناعمة في المواد الصلبة المتدرجة والتربة بطريقة المكافئ الرملي .

المواصفات الفنية : (ASTM D2419 - AASHTO T 176)

1. **المجال :**

الهدف من هذا الاختبار هو الحصول على كميات المواد الناعمة اللدنة في الحصى المتدرج والتربة بطريقة سريعة في الحقل .

2. **الجهاز :**

أ – أسطوانة قياس شفافة ومدرجة قطرها الداخلي 1.25بوصة وبارتفاع حوالي 17 بوصة ، وبتدرج حتى 15 بوصة وبتقسيم كل 0.1 بوصة لكل جزء .

ب- أنبوبة من النحاس بقطر خارجي 1/4 بوصة نهايتها مغلقة ، وبها ثقبان مقاس 60 بالقرب من طرفها .

ج – وعاء زجاجي أو بلاستيكي حجم 1 جالون مزود بتركيبة سيفون مكونة من سدادة بها ثقبين وأنبوبة ملونة نحاسية مثنية ، وتوضع الزجاجة على ارتفاع 3 أقدام أعلى منضدة العمل .

د - خرطوم مطاط قطر 3/16 بوصة مزود بضاغط لقطع التيار ، وهذا الخرطوم لتوصيل الأنبوبة النحاسية مع السيفون .

هـ- قاعدة ثقل مكونة من قضيب معدني بطول 18 بوصة مزود من نهايته السفلى بقاعدة مخروطية بقطر 1 بوصة ، و القاعدة بها ثلاث مسامير حلزونية صغيرة حتى يمكن تركيز القاعدة في الأسطوانة ، ويعمل غطاء بمقاس أعلى الأسطوانة ويحيط بدون إحكام حول القضيب ، وذلك بغرض تركيز أعلى القضيب داخل الأسطوانة ، ويركب بأعلى القضيب ثقل بحيث يكون وزن التركيبة الكلي 1 كجم .

و - علبة قياس حجم 3 أوقية (85سم3) .

ر - قمع واسع لنقل التربة إلى الأسطوانة .

محاليل الاختبار المستخدمة في التجربة :

أ - 454جم كلوريد كالسيوم غير متميع .

ب - 2050 جم (1640سم3) جليسرين (U.S.P) .

جـ - 47 جم (45سم3) فورمالدهايد (40 ٪ بالحجم) .

- يذاب كلوريد الكالسيوم في 1/2 جالون من الماء ثم يبرد ويرشح بورقة ترشيح رقم (12) أو أي ورقة ترشيح مشابهة .

- يضاف الجلسرين والفورمالدهايد إلى المحلول المرشح ويخلط جيداً ثم يخفف إلى 1 جالون ، ويمكن أن يكون الماء مقطراً أو ماء شرب جيد .

– يخفف 85سم3 من المحلول السابق إلى حجم 1 جالون من ماء الشرب وتملأ الأسطوانة المدرجة حتى علامة 4.4بوصة للحصول على 85سم3 من المحلول .

و يمكن اختبار صلاحية ماء الشرب بمقارنة نتائج اختبار المكافئ الرملي باستخدام هذا الماء مع النتائج باستخدام الماء المقطر .

3. **خطوات العمل :**

أ – تحضير العينة : يفضل أن تكون العينة المراد اختبارها رطبة ثم تفصل على منخل رقم 4 ، وإذا كانت الحبيبات الخشنة مغلفة بمواد لا يمكن إزالتها بالفصل فإنها تجفف ثم تفرك باليد ويضاف الغبار إلى الجزء الناعم من العينة .

ب – تجهيز السيفون للعمل وفتح الضاغط .

ج - يفرغ المحلول بواسطة السيفون وتملأ أسطوانة الاختبار حتى عمق 4 بوصة.

د - يفرغ في الأسطوانة حجم علبة قياس من عينة التربة أي ما يعادل 110جم من المواد السائبة ، ويتم الضرب على أسفل الأسطوانة جيداً بواسطة كف اليد عدة مرات وذلك لإخراج أية فقاعات هوائية وكذلك لتساعد في بل العينة ثم تترك التربة لمدة 10 دقائق .

هـ- بعد ذلك تغطى الأسطوانة بواسطة سدادة ثم ترج بشدة من جانب لآخر باتجاه أفقي ، وتعمل 90 دورة في حوالي 30 ثانية بحيث يكون المشوار حوالي 8 بوصات (20سم) ، حيث تتكون الدورة من حركة كاملة ذهاباً وإياباً ، وحتى يكون الرج جيداً فإنه من الواجب على القائم بهذه العملية استخدام الجزء الأمامي من الذراع فقط مع جعل الجسم والأكتاف بحالة استرخاء وقد يستخدم جهاز لهذا الغرض .

4. **الحساب :**

$$\text{المكافئ الرملي} = \frac{\text{القراءة عند سطح الرمل}}{\text{القراءة عند سطح العينة}} \times 100$$

5. وإذا كانت قيمة المكافئ الرملي أقل من القيمة المنصوص عليها يجرى اختباران آخران على نفس المواد ، وتؤخذ القيمة المتوسطة للنتائج الثلاث على أنها هي المكافئ الرملي .

6-8 تحديد وزن وحدة الحجوم
(ASTM C 29) , (Unit Weight of Aggregates (AASHTO T 19-76

1. **المجال :**
تشمل هذه الطريقة خطوات تحديد وزن وحدة الحجوم للمواد الناعمة والخشنة والمخلوط منها لاستخدامها في الخرسانة الأسمنتية .

2. **الأجهزة :**
تتكون الأجهزة من الآتي :
أ - ميزان ذو حساسية تصل إلى 0.3٪ من وزن العينة .
ب- قضيب دك من الصلب قطره 8/ 5 بوصة تقريباً وطوله 24 بوصة وإحدى نهايتيه مستديرة على هيئة نصف كرة قطرها 5/8 بوصة .
ج – مكيال معدني وأسطواني الشكل ويكون مستوياً من أعلى وأسفل لضبط القياس الداخلي كما يجب أن يكون صلباً يتحمل الاستعمال الشديد . والمكاييل 1/2 قدم3 وواحد قدم3 يجب أن تسلح من أعلى بشريط من الصلب رقم 10 أو رقم 12 ذو عرض 1/2 1 بوصة .
ويعتمد حجم المكيال المطلوب على الحجم الأقصى للحبيبات الخشنة حسب الجدول التالي :

السعة)متر3) ×10 - 4	القطر الداخلي (مم (	الارتفاع الداخلي) مم (	السماح الأدنى (مم (		أقصى مقاس اسمي للركام (مم (
			السطح السفلي	الجدار	
28.317	152± 2.5	154± 2.5	5	2.5	13
94.39	203± 2.5	292± 2.5	5	2.5	25
141.585	254± 2.5	279± 2.5	5	3	38
283.17	356± 2.5	284± 2.5	5	3	101

3. **جدول رقم (10) أحجام المكاييل حسب الحجم الأقصى للحبيبات الخشنة**

درجة الحرارة		رطل / قدم مكعب	كجم / م3
درجة فهرنهيت	درجة مئوية		
60	15.6	62.366	999.01
65	18.3	62.336	998.54
70	21.1	62.3001	997.97
73.4	23	62.274	997.54
75	23.9	62.261	997.32
80	26.7	62.216	996.59
85	29.4	62.166	995.83

4. **عينة الاختبار :**
يتم الحصول على عينة الاختبار بالوزن المطلوب بطريقة المقسم الميكانيكي أو التقسيم الرباعي طبقاً لطريقة آشتو (AASHTO T-248) ثم يجفف الجزء الذي تم اختياره لوزن ثابت على درجة حرارة 110± 5مْ وتخلط جيداً .

5. **معايرة المكيال :**
   1. يملأ المكيال بالماء عند درجة حرارة الغرفة ، ويغطى بلوح زجاجي بحيث تزال الفقاعات والمياه الزائدة .
   2. يحدد وزن الماء الصافي بالمكيال بدقة ± 0.1٪ .
   3. تقاس درجة حرارة الماء ويحدد وزن وحدة الحجوم للماء من الجدول السابق ، وتؤخذ قيم متوسطة عند الضرورة .
   4. يحسب معامل المكيال ، وذلك بقسمة وحدة الحجوم للماء على الوزن المطلوب لملء المكيال .

6. **طريقة الدمك**
تنطبق هذه الخطوات على المواد ذات أقصى مقاس 1/2 1 بوصة أو أقل .
أ - يملأ المكيال لثلثه ويسوى المنسوب الأعلى بالأصابع ويدك سطح الطبقة بقضيب الدك 25 مرة موزعة على كل السطح ، ثم يملأ المكيال للثلث الثاني ويدك 25مرة ، ثم يملأ المقياس لنهايته ويدك 25مرة ، وتزال المواد الزائدة باستعمال الجزء المستقيم لقضيب الدك وذلك للتسوية .
ب- يراعى عند دك الطبقة الأولى ألا يسمح للقضيب بأن يخترق الطبقة إلى قاع المقياس ، وعند دك الطبقة الثانية والنهائية يكون الدك كافياً لأن يخترق القضيب قاع الطبقة السابقة لها للمواد الموضوعة في المكيال .
ج – يحدد الوزن الصافي للمواد في المكيال ويتم الحصول على وزن وحدة الحجوم للمواد بضرب الوزن الصافي للمواد في المعامل المحدد في البند الرابع من معايرة المكيال .

7. **طريقة الهز :**
أ - تطبق هذه الطريقة للمواد ذات أقصى مقاس 1/2 1 بوصة ولا يزيد عن 4 بوصة .
ب – يملأ المكيال على ثلاث طبقات متساوية الثلث الأول والثاني والثالث للمكيال ، وتدمك كل طبقة بوضع المكيال على قاعدة ثابتة مثل أرضية من الخرسانة الأسمنتية ، وترفع الجوانب المتقابلة للمكيال بالتناوب حوالي 2 بوصة من القاعدة ، ثم تسقط فجأة كضربة فجائية فتنظم الحبيبات نفسها بهذه الطريقة وتصبح بحالة دمك تام ، وتدمك كل طبقة بضرب المكيال 50 مرة بالطريقة الموضحة أعلاه ، أي 25 مرة لكل جانب ، ثم تسوى المواد بالإصبع أو بقضيب مستقيم بحيث يكافئ أي بروز أو نتوء للقطع الكبيرة من المواد الخشنة الفراغات الأكبر في سطح المواد تحت مستوى حافة المكيال العلوية .
جـ- يحدد الوزن الصافي للمواد داخل المكيال ثم يحصل على وزن وحدة الحجوم بضرب الوزن الصافي للمواد في معامل المكيال

8. **طريقة الجاروف :**
أ – تنطبق هذه الطريقة على المواد ذات أقصى مقاس 4 بوصة أو أقل .
ب - يملأ المكيال إلى نهايته بواسطة الجاروف أو المغرفة " Scoop" على ألا يزيد الارتفاع الذي تفرغ منه المواد عن 2 بوصة من أعلى المكيال ، ويجب أخذ الاحتياط قدر الإمكان لمنع أي انفصال حجمي للعينة ، ويسوى سطح المواد بالأصابع أو بأداة مستقيمة بحيث يكافئ أي بروز للقطع الكبيرة من المواد الخشنة الفراغات الأكبر في سطح المواد تحت مستوى حافة المكيال العلوية .

9. جـ – يحدد الوزن الصافي للمواد ويتم الحصول على وزن وحدة الحجوم بضرب الوزن الصافي في معامل المكيال .

7- فحوصات الأزفلت والخلطات الأزفلتية

7-1 اختبارات الأزفلت السائل

7 -1-1 أخذ عينات ممثلة للمواد الأزفلتية Materials Sampling Bituminous

المواصفات الفنيـة : (AASHTO T-40)

تنطبق هذه الطريقة على كيفية أخذ عينات ممثلة للمواد الأزفلتية سواء أكانت من النوع السائل أو النصف صلبة أو الصلبة من موقع التصنيع أو محطة التزويد أو عند نقطة الشحن وعند موقع العمل ، وتؤخذ العينات إما من التنكات أو الأكوام الاحتياطية أو العربات أو من الحاويات المستخدمة للتخزين أو لشحن المواد الأزفلتية . ولأخذ عينات ممثلة للمواد لها نفس أهمية إجراء الاختبارات عليها يجب اتخاذ كل الاحتياطات اللازمة للحصول على عينات ممثلة للطبيعة الحقيقية للمادة وكذلك للحالة الملازمة للمواد .

بحيث يكون حجم المواد السائلة كالاتي :

أ - لتر واحد للاختبارات المعملية الروتينية للمستحلبات .

ب- لتر واحد من تنكات التخزين لكل صمام لأخذ العينات .

ج – لتر واحد من البراميل أو الأسطوانات .

د - يكون حجم العينات النصف صلبة أو الصلبة كالآتي :

1. واحد كيلو جرام من البراميل أو الأسطوانات أو القوالب .
2. واحـد كيلو جرام من المواد ناتج التكسير أو المسحوقة والموجودة في الأكوام الاحتياطية أو العبوات .

7 -1 -2 درجة الوميض ودرجة الاشتعال بطريقة طبق كليفلاند المفتوح .

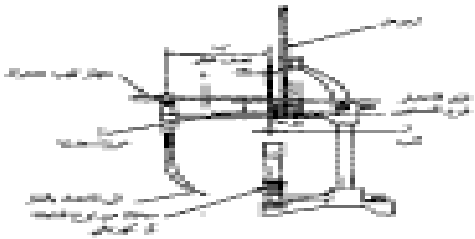
المواصفات الفنيـة : (AASHTO T-48)

تصف هذه الطريقة خطوات اختبار تحديد درجة الوميض ودرجة الاشتعال بطريقة طبق كليفلاند المفتوح للمنتجات البترولية والسوائل الأخرى ماعدا الوقود والمواد التي لها درجة وميض في الطبق المفتوح أقل من 79° م .

1. وصف طريقة إجراء التجربة .

يملأ طبق الاختبار بالعينة إلى المنسوب المحدد وتزاد درجة حرارة العينة بسرعة مبدئياً ثم بمعدل بطيء ثابت كلما اقتربت لنقطة الوميض ، ويمرر لهب اختبار صغير على فترات محددة عبر الطبق ، وتسجل أدنى درجة حـرارة يحدث عندها التبخر فوق سطح السائل والذي يبدأ بعده الوميض عند تعرض البخار للهب الاختبار ، ولتحديد نقطة الاشتعال يستمر الاختبار حتى يسبب تعريض لهب الاختبار احتراق الزيت ويستمر الاحتراق لمدة 5 ثوان على الأقل .

تسجل حرارة نقطة الوميض عند قراءتها على مقياس درجة الحرارة بمجرد ظهور الوميض عند أي نقطة على سطح الزيت مع عدم خلط الوميض الحقيقي مع اللهب الأزرق المحيط بلهب الاختبار . ويستخدم لإجراء الاختبار طبق كليفلاند المفتوح ، ويتكون من طبق الاختبار ولوحة التسخين ولهب الاختبار وسخان كما في شكل رقم (6) .



شكل رقم (6) جهاز كليفلاند

7 - 1-3 تحديد درجة الغرز للمواد البيتومينية Materials Penetration Of Bituminous

المواصفات الفنيـة : (AASHTO T-49)

تصف هذه الطريقة أسلوب تعيين مقدار الغرز للمواد البيتومينية النصف صلبة والصلبة ، وتجرى هذه الطريقة بواسطـة صهر العينة وتبريدها تحت ظروف محكمة ، وتقاس درجة الغرز باستخدام جهاز غرز و إبرة قياسية .

شكل رقم (7) إبرة اختبار الغرز

ويعرف مقدار الغرز على أنه المسافة بعشر المليمتر التي تخترقها إبرة قياسية رأسياً في عينة من المادة تحت ظروف ثابتة من درجة الحرارة والتحميل والوقت .

1. **جهاز الغرز**

يمكن قبول أي جهاز يسمح بحركة المحور بدون أي احتكاك يذكر ، ويكون معايراً بدقة ليعطي نتائج تتفق مع وصف مصطلح الغرز ، ويجب أن يكون السطح الذي يرتكز عليه وعاء العينة مسطحاً ، ويكون محور الضاغط على زاوية 90° تقريباً على هذا السطح ، كما يجب أن يكون حل المحور قابلاً للفصل من الجهاز بدون استعمال أي أدوات خاصة للتأكد من كتلته . وعندما يتم تركيب الإبرة في الجلبة يجب أن تكون كتلة المحور المتحرك 47.5± 0.05 جرام وبغض النظر عن طريقة تثبيت الإبرة ، يجب أن يكون الوزن الكلي للإبرة والمحور معاً 50.000 ± 0.1جرام .

كما يجب أن توفر أوزان 50.000 ± 0.05 جرام و 100 ± 0.05 جرام لكي تكون هناك أحمال كلية تساوي 100جرام و200جرام (0.9 نيوتن و2 نيوتن) اعتماداً على ظروف الاختبار المطلوب تطبيقها .

2. **الإبرة**

تصنع الإبرة الموضحة في شكل (7) من قضيب مطبّع (مغطس) وصلب تماماً لا يصدأ ذي درجة حرارة 440°م أو مساوٍ له ، ويكون طولها 50 مم (2 بوصة) تقريباً وقطرها 1.00 إلى 1.02 مم (0.039 إلى 0.040 بوصة) على أن تكون إحدى نهايتيها مستدقاً على شكل مخروط بزاوية تتراوح بين 8.7 إلى 9.7 درجة من بعد الطول الكلي ذي القطر الكامل للإبرة ، كما يجب أن يتطابق محوره مع محور الإبرة في حدود 0.0127 مم (0.0005 بوصة) على الأكثر ، وبعد القطع يجب تجليخ نهاية المخروط لتكون مخروطاً ناقصاً ويكون قطر قاعدته الصغرى بين 0.14 إلى 0.16 مم (0.0055 إلى 0.0063 بوصة) كما يجب أن يكون المقطع مربعاً عند اتصاله بمحور الإبرة في حدود درجتين ويكون الحرف حاداً وخالياً من الرايش .

عند قياس ملمس السطح للمخروط المستدق ـ باستخدام المواصفة القياسية رقم (B46.1) التابعة للمعهد الوطني الأمريكي للتقييس _ يكون المتوسط الحسابي لارتفاع وعورة السطح من 0.2 إلى 0.3 ميكروميتر (8 إلى 12 ميكروبوصة) .

يتراوح طول الجزء المعرض من الإبرة عند تركيبها في طرف جهاز الغرز أو في الجلبة ما بين 40 إلى 45 مم تقريباً (1.57 إلى 1.77بوصة) , وعند تثبيت الإبرة في الجلبة التي تكون عبارة عن قضيب أسطواني قطره 3.2 ± 0.05 مم (0.126 ± 0.002 بوصة) وبطول 38 مم (1.5 بوصة) تقريباً مصنوعة من صلب لا يصدأ أو من النحاس الأصفر بحيث تثبت فيه الإبرة بإحكام ومتحدة معه في المحور, ويكون وزن الجلبة والإبرة معاً 2.50 ± 0.05 جرام (يسمح بوجود ثقب في نهاية الجلبة للتحكم في الوزن) .

3. **الوعاء**

يصنع الوعاء الذي تختبر فيه العينة من المعدن أو الزجاج على شكل أسطواني وتكون قاعدته مسطحة ، والوعاء الذي يستخدم للمواد التي تكون درجة الغرز لها 200 أو أقل يجب أن يكون له سعة 3 أوقيات (90 مليليتر) ، ويجب أن تكون أبعاده الداخلية كما يلي : القطر 55مم (2.17 بوصة) والعمق 35 مم (1.38 بوصة) .

4. **الحمام المائي :**

يجب الاحتفاظ بدرجة حرارة الحمام المائي بحيث لا تتغيير عن أكثر من 0.1م5 (0.2 ف5) من درجة حرارة الاختبار ، ويجب ألا يقل حجم الماء عن 10 لتر ، كما يجب أن يكون ارتفاع الحمام بحيث يكون الرف المثقب على بعد 50مم على الأقل فوق قاع الحمام ، ويكون مستوى سطح الماء أعلى من قمة الرف المثقب بـ 150 مم على الأقل ، ويجب عدم السماح بتلوث الحمام المائي بالزيت أو الطين ، ويمكن استخدام محلول الملح في الحمام المائي لتعين درجات الحرارة المنخفضة . إذا كانت اختبارات درجة الغرز ستتم بدون نقل العينة من الحمام المائي ، فيجب تزويده برف قوته كافية لتحمل جهاز الغرز .

5. **مقاييس لدرجة الحرارة :**

المقاييس الآتية متوافقة مع متطلبات مواصفات جمعية اختبار المواد الأمريكية المطلوبة :

1-5 للاختبارات عند درجة حرارة 25 5م (77 5ف) يستخدم مقياس (ASTM) سايبولت للزوجة 17م أو (17ف) ذو مدى بين 19 إلى 27 5م (66 إلى 80 5ف) ويجب أن يغمر المقياس في الحمام 150±15مم .

2-5 للاختبارت عند درجة حرارة صفر 5م (32 5ف) و 4 5م (39.2 5ف) يستخدم المقياس الدقيق 63 5م (أو 563ف) ذو مدى بين (-8 5م إلى + 32 5ف) ويجب أن يغمر المقياس في الحمام 150 ± 15 مم .

3-5 للاختبارات عند درجة حرارة 46.1 5م (115 5ف) يستخدم المقياس الدقيق 64 5م (أو 64 5ف) ذو مدى بين 25 إلى 555م (77 إلى 131 5ف) ، ويجب أن يغمر المقياس في الحمام 150± 15 مم .

بما أن دقة نتائج الاختبار تعتمد على حالات الحرارة المتحكم فيها بدقة ، لذا يجب معايرة المقياس المستخدم في

الحمام المائي بواسطة (اختبار التفتيش ومعايرة المقاييس محفورة الساق ذات السائل داخل الزجاج الموضح في المواصفة (ASTM E 77)).

6. **طبق النقل الخاص بالوعاء :**

عند استخدامه يجب أن يكون طبق النقل الخاص بالوعاء أسطواني بقاع مسطح مصنوع من زجاج أو معدن أو بلاستيك كما سيزود الوعاء ببعض الوسائل التي سوف تؤمن قوة تحمله وتمنع اهتزازه ، ويكون له قطر داخلي بمقدار 90مم (3.5") على الأقل ويكون العمق الذي يعلو القاع الحامل بمقدار 55مم (2.17") على الأقل .

7. **أداة توقيت :**

لأجهزة الغرز يدوية التشغيل يمكن استخدام أي أداة توقيت مناسبة مثل جهاز كهربائي أو ساعة إيقاف أو جهاز آخر مزود بزنبرك بشرط أن يكون مدرجاً إلى 0.1 ثانية أو أقل ، وتكون الأجهزة ذات دقة في حدود ± 0.1 ثانية لفترة 60 ثانية ، ويمكن أيضاً استخدام عداد ثواني مسموع مضبوط ليعطي دقة كل 0.5 ثانية ، ويجب أن تكون فترة الـ 11 عدة تستغرق زمن قدرة ± 0.1ثانية وإذا كان هنا جهاز توقيت أتوماتيكي متصل بجهاز الغرز فيجب أن يكون معايراً بدقة ليعطي فترة الاختبار المرغوبة في حدود ± 0.1 ثانية .

8. **تجهيز العينة :**

1. يتم تسخين العينة مع الحرص على عدم تعرضها لتسخين موضعي عالي حتى تصبح سائلة ، ثم مع التقليب المستمر ترفع درجة حرارة العينة الأزفلتية بحيث لا تتجاوز ْ100م أعلى من درجة الطراوة . أما درجة حرارة عينة قطران الرصف فيجب ألا تتجاوز ْ56 م (100 ْ ف) أعلى من درجة الطراوة المعينة بواسطة طريقة اختبار درجة الطراوة للمواد البيتومينية (طريقة الحلقة والكرة) مع تجنب احتواء العينة على فقاقيع هوائية , ثم تصب العينة في الوعاء بحيث يكون عمقها بعد تبريدها إلى درجة حرارة الاختبار يزيد بـ 10مم على الأقل عن العمق المتوقع لاختراق الإبرة ، ويجب أن تصب عينات منفصلة عند كل تغيير في ظروف الاختبار .

2. يغطى كل وعاء ومحتوياته كحماية ضد الغبار ويترك ليبرد في الهواء عند درجة حرارة لا تزيد عن ْ29.5 م (85 ْ ف) و لا تقل عن ْ21 م (70 ف) , ولمدة لا تقل عن 1/2 1ساعة (ساعة ونصف) و لا تزيد عن ساعتين في حالة إذا ما كانت العينة في وعاء سعته 175مليلتر (6 أوقيات) ، ولمدة لا تقل عن ساعة ولا تزيد عن 1/2 1 ساعة (ساعة ونصف) في حالة إذا ما كانت العينة في وعاء سعته 90 مليلتر (3 أوقيات) ، ثم توضع العينة في الحمام المائي الذي يكون في درجة الحرارة المعينة للاختبار فوق طبق النقل (إذا تم استخدامه) وتترك لمدة لا تقل عن 1/2 1ساعة (ساعة ونصف) و لا تزيد عن ساعتين في حالة إذا ما كانت العينة في وعاء سعته 175 مليلتر (6 أوقيات) ، ولمدة لا تقل عن ساعة ولا تزيد عن 1.5 ساعة (ساعة ونصف الساعة) في حالة إذا ما كانت العينة في وعاء سعته 90 مليلتر (3 أوقيات) .

9. **طريقة إجراء الاختبار**

1. ما لم يذكر خلاف ذلك يوضع وزن مقداره 50 جرام فوق الإبرة ليصبح الحمل الكلي 100 جرام للإبرة وملحقاتها ، وإذا تمت الاختبارات وجهاز الغرز مغمورٌ في الحمام فيوضع وعاء العينة مباشرة على قائم الغمر لجهاز الغرز ، أما إذا تمت الاختبارات والعينة في الحمام وجهاز الغرز خارجه فيوضع الوعاء على الرف المزود به الحمام في الخطوات السابقة ، ويجب ترك الوعاء مغموراً تماماً أثناء الاختبار ، وإذا تم الاختبار باستخدام طبق النقل وجهاز الغرز خارج الحمام ، توضع العينة في طبق مملوء بالماء من الحمام إلى عمق يسمح بتغطية تامة لوعاء العينة ، ثم يوضع طبق النقل المحتوي على العينة على قائم جهاز الغرز ويتم عمل الاختبار في الحال ، وفي كل حالة تضبط الإبرة المحملة بالثقل المعين ليتم تلامسها مع سطح العينة ، ويمكن الوصول إلى هذا بتطابق طرف الإبرة مع صورتها المنعكسة على سطح العينة وذلك باستعمال مصدر ضوئي موضوع في مكان ملائم (ملحوظة 4) ، وتؤخذ قراءة المؤشر أو يضبط المؤشر على الصفر ثم تطلق الإبرة بسرعة لمدة الزمن المحدد ، ويضبط الجهاز لقياس المسافة المخترقة ويتم ملاحظة وعاء العينة عند استخدام الإبرة ، وإذا لوحظت أي حركة للوعاء فيجب إهمال هذه النتيجة وإعادة التجربة .

2. يجب تسجيل ما لا يقل عن ثلاث قيم غرز عند نقاط على سطح العينة بحيث لا يقل بعدها عن جدار الوعاء عن 10 مم (3/8 بوصة) ، ولا يقل البعد بينهما عن 10 مم (3/8 بوصة) ، وإذا تم استخدام طبق النقل يعاد الطبق والعينة للحمام المائي بعد كل غرز ، وقبل كل اختبار يتم تنظيف الإبرة بقطعة قماش نظيفة مغمورة ومبللة بالتولين أو أي مذيب آخر مناسب لإزالة كل البيتومين اللاصق ثم تجفف بقطعة قماش جافة نظيفة ، وتستخدم ثلاث إبر على الأقل لقيم الغرز التي تزيد عن 200 ، مع تركها في العينة حتى إتمام الغرز .

10. **التقرير**

1. يسجل لأقرب رقم صحيح متوسط ثلاث قراءات على الأقل لا تختلف قيمتها بأكثر

من القيم المبينة فيما يلي :

الغرز من إلى	صفر 49	50 149	150 249	250 أكثر
أقصى فرق بين أعلى وأقل قيم يتم الحصول عليها	2	4	6	8

11. **الدقة**

انسجام تكرارية التجربة – يجب اعتبار النتيجتين التي يحصل عليهما بنفس القائم بالتجربة في نفس المعمل وباستخدام نفس الجهاز وعلى أيام مختلفة مشكوكاً فيها إذا اختلفتا بأكثر من القيم الآتية :

أزفلت عند 525م (577ف) ذو درجة غرز أقل من 50	1وحدة غرز واحدة
أزفلت عند 525م (577ف) ذو درجة غرز من 50 فأكثر	3٪ من متوسطهم
قطران الرصف عند 525م (577ف (	15٪ من متوسطهم*

* تقديرات قطران الرصف للدقة مبنية على نتائج من نوعين من القطران بدرجة غرز 024.7 يمكن عدم تطابق التقديرات للمواد الأكثر صلابة أو الأكثر ليونة من تلك الحدود .

4-1-7 اللزوجة الحركية للأزفلت (Kinematic Viscosity of Asfalt)

المواصفات الفنية : (AASHTO T 201)

1. **المجال**

1-تغطي هذه الطريقة عمليات تحديد اللزوجة الحركية للأزفلت السائل (البيتومين) وزيوت الطرق والجزء المتبقي من تقطير الأزفلت السائل (البيتومين) وجميعها عند درجة حرارة 60° م (140 ف) , وكذلك الأزفلت شبه الصلب عند 135° م (275 ف) (ملحوظة 1) وذلك للزوجة تتراوح بين 6 إلى 100.000 سنتي ستوك ((CST .

2-يمكن استخدام الناتج من هذه الطريقة لحساب اللزوجة عندما تكون كثافة المادة المختبرة معلومة عند درجة حرارة الاختبار أو يمكن حسابها .

ملحوظة (1) تصلح هذه الطريقة للاستخدام عند درجات حرارة أخرى ولكن الدقة المقبولة المعطاة في حالة تطبيق هذه الطريقة على الأزفلت السائل وزيوت الطريق عند 60° م (140 ف) وكذلك على الأزفلت شبه الصلب عند 135° م (275 ف) فقط وفي حدود اللزوجة من 30 إلى 6000 سنتي ستوك (CST) .

2. **ملخص الطريقة**

يقاس الزمن اللازم لانسياب حجم معين من السائل خلال مسار دقيق لمقياس لزوجة شعري ذي أنبوبة شعرية معايرة ، وذلك تحت ضغط قابل للتكرار بدقة وعند درجة حرارة متحكم فيها إلى حد كبير ، وتحسب اللزوجة الحركية بعد ذلك بضرب زمن الانسياب بالثواني في معامل معايرة مقياس اللزوجة .

3. **تعريفات**

1-اللزوجة الحركية :

هي نسبة معامل اللزوجة إلى كثافة السائل ، وهي مقياس لمقاومة تدفق السائل تحت تأثير الجاذبية .

وحدة اللزوجة الحركية في النظام المتري الفرنسي هي 1 سم 2 /ث وتسمى ستوك (1ستوك) ، أما في النظام المتري العالمي فإن وحدة اللزوجة الحركية هي 1 م2/ث وهي تكافئ 104 ستوك . والوحدة المستخدمة كثيراً هي سنتي ستوك حيث يمكن كتابة (1 سنتي ستوك = 10-2 ستوك) .

2-الكثافة

هي كتلة وحدة الحجوم من السائل وهي تساوي 1 جم/سم3 في النظام المتري الفرنسي وتساوي 1كجم/م3 في النظام الدولي للوحدات .

3-اللزوجة

تسمى النسبة بين إجهاد القص المؤثر ومعدل القص بمعامل اللزوجة ، وبذا يكون هذا المعامل مقياساً لمقاومة الانسياب للسائل وهو يسمى عموماً لزوجة السائل ، ووحدة اللزوجة في النظام الفرنسي المتري هي 1جم/سم.ث (1 داين ث/سم2) وتسمى بويز (Poise) بينما وحدة اللزوجة في النظام الدولي للوحدات هي 1 نيوتن ث/م2 وهي تكافئ 10 بويز وغالباً ما تستخدم وحدة سنتي بويز (1 سنتي بويز = 10 –2 بويز) .

4. **الأجهزة المستخدمة :**

1-أجهزة لقياس اللزوجة (VISCOMETERS)

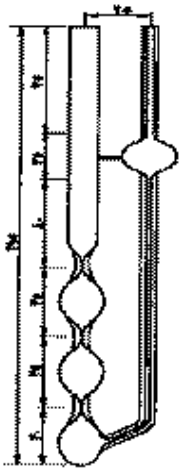
تستخدم مقاييس اللزوجة من الطراز الشعري وهي تصنع من زجاج البورسيليكات الملدن وهي مناسبة لهذا الاختبار وتتضمن مايلي :

– مقياس اللزوجة من نوع(كانون – فينسك) للسوائل المعتمة .
– مقياس اللزوجة من نوع (زيتفوس) ذو الذراع المستعرض .
– مقياس اللزوجة من نوع (لانتز – زيتفوس) .
– مقياس اللزوجة المطابق للمواصفات البريطانية المعدل ذو الانسياب العكسي وهو على شكل أنبوبة .

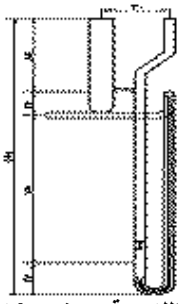
2-أجهزة قياس درجة الحرارة (THERMOMETERS) :

تتميز مقاييس درجة الحرارة الخاصة باللزوجة الحركية و المعايرة طبقاً لمواصفات الجمعية الأمريكية لاختبار المواد بمدى 58.6 إلى 561.4م (137.5 إلى 5142.5ف) و 133.6 إلى 5136.4م (5272.5 إلى 5277.5ف) وتطابق متطلبات المقاييس أرقام 547م و 5110م (547ف و 5110ف) على الترتيب .
ويسمح باستخدام وسائل أخرى لقياس درجات الحرارة شريطة أن تكون دقتها وحساسيتها تساوي إن لم تزد عن تلك المقاييس المبينة في المواصفات المذكورة .

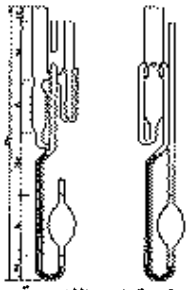
تم تقنين مقياس درجة الحرارة (المقاييس) 47ْم و 110ْم (47ف و110ف) طبقاً لمواصفات الجمعية الأمريكية عند (الغمر الكلي) وهذا يعني أن الغمر حتى قمة عمود الزئبق مع بقاء الجزء المتبقي من الساق وغرفة التمدد بقمة مقياس درجة الحرارة معرضة لدرجة حرارة الغرفة ، ولا يوصى بإجراء الغمر الكلي لمقاييس درجة الحرارة , فإذا غمرت مقاييس درجة الحرارة تماما فلابد من تحديد التصميمات اللازمة لكل مقياس على حدة وذلك على أساس المعايرة تحت ظروف الغمر التام لها . وإذا غمر مقياس درجة الحرارة تماماً في الحمام أثناء الاستخدام فسيكون ضغط الغاز في غرفة التمدد أعلى أو أقل منه أثناء المعايرة مما قد يؤدي إلى قراءات مرتفعة أو منخفضة على مقياس درجة الحرارة .
وقد وضعت المواصفات الخاصة بالجمعية الأمريكية لاختبار المواد بيانات خاصة بالطرق الفنية لمعايرة مقاييس درجة الحرارة .



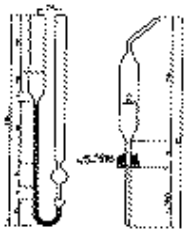
شكل رقم (8)مقياس اللزوجة من نوع (كانون – فينسك) المستعرض



شكل رقم (9) مقياس اللزوجة من نوع (زيتفوس) ذو الذراع



المسقط الرأسي شكل رقم (10) مقياس اللزوجة من نوع (لانتز – زيتفوس)



المسقط الجانبي شكل رقم (11) مقياس اللزوجة ذو الانسياب العكسي

3-الحمام المائي :

يكون الحمام مناسباً لغمر مقياس اللزوجة (VISCOMETER) بحيث لا يقل منسوب أعلى خزان السائل أو قمة القناة الشعرية (أيهما أعلى من الآخر) عن 20 مم أسفل منسوب الحمام العلوي مع توخي سهولة رؤية مقياس اللزوجة ومقياس درجة الحرارة ، ويراعى أن تكون مرتكزات مقياس اللزوجة ثابتة أو أن يكون مقياس اللزوجة جزءاً متكاملاً مع الحمام ، ويجب أن تكون كفاءة التقليب والتوازن بين مقدار الحرارة المفقودة ومقدار الحرارة الداخلة بحيث لا تتغير درجة حرارة المادة الوسيطة عن± 0.03 ْم (± 0.05 ْف) على امتداد طول مقياس اللزوجة أو من مقياس لزوجة لآخر في مواضع مختلفة من الحمام .

يعتبر الماء المقطر سائلا مناسباً للحمام لإجراء الاختبار عند 60 ْم (140 ف) ، وقد وجد أن الزيت الأبيض (USP) ذو درجة الوميض الأعلى من 215 ْم (420 ف) مناسب لإجراء الاختبار عند 135 ْم (275 ْف) ، وتحدد درجة الوميض طبقاً لاختبار درجة الوميض ودرجة الاشتعال بطريقة طبق كليفولاند المفتوح (AASHTO T48).

4-أجهزة التوقيت :

1. أداة التوقيت :

تستخدم ساعة إيقاف أو أي وسيلة توقيت مزودة ببيان تشغيل ومدرجة بأقسام تعادل 0.1ث أو أقل وتكون دقتها في حدود 0.05٪ عند اختبارها عبر فترات لا تقل عن 15 دقيقة .

2. أداة توقيت كهربائية

وهي تستخدم فقط بالدارات الكهربائية التي يصل التحكم في ترددا تها إلى دقة 0.05 ٪ أو أفضل من ذلك .

وقد تلاحظ أن التيارات الكهربائية المترددة التي يكون التحكم في ترددا تها متقطعا وليس مستمراً (كما هو الحال في أكثر نظم القدرة شيوعاً) تؤدي إلى أخطاء كبيرة خاصة خلال فترات التوقيت القصيرة عند استخدامها لتشغيل أدوات التوقيت الكهربائية .

5-إعداد العينة

يراعى اتباع الإرشادات التالية وذلك لتقليل الفقد في المكونات المتطايرة وللحصول على نتائج يمكن الاعتماد عليها وهي :

5 – 1 – 1 الطريقة المستخدمة للأزفلت السائل (البيتومين) وزيت الطرق .

5 – 1 – 1 – 1 تترك العينات التي تم استلامها كما هي حتى تصل إلى درجة حرارة الغرفة .

5 –1 – 1 – 2 يفتح وعاء العينة وتخلط العينة جيداً بالتقليب لمدة 30 ثانية مع مراعاة عدم إيجاد هواء محبوس بـها , وإذا كانت العينة لزجة بدرجة تصعب على هذا التقليب فلا بأس من وضع العينة داخل وعاء محكم تماماً في حمام أو فرن ذي درجة حرارة ثابتة عند 63±3ْ م (145 ±5ْ ف) حتى تصبح سائلة بالقدر الكافي للتقليب .

5 – 1 – 1 – 3 يتم صب العينة في مقياس اللزوجة فوراً ، أما إذا كان إجراء الاختبار سيتم فيما بعد فيتم صب حوالي 20 مليلتر داخل وعاء أو عدة أوعية نظيفة جافة ذات سعة 30 مليلتر تقريباً ثم يغلق الوعاء أو الأوعية بإحكام فوراً بغطاء يمنع دخول الهواء .

5 – 1 – 1 – 4 في حالة المواد ذات اللزوجة الحركية الأكبر من 800 سنتي ستوك عندْ60م (140ف) يجرى تسخين العينة التي حجمها 20 مليلتر داخل الوعاء المحكم في فرن أو حمام ذي درجة حرارة تساوي 63±3ْ م (145 ±5ْ ف) حتى تصبح سائلة بالقدر الكافي لتنقل بسهولة داخل مقياس اللزوجة ويجب ألا تزيد فترة التسخين عن 30 دقيقة .

5 – 1 – 2 الخطوات المتبعة للأزفلت شبه الصلب (ASPHALT CEMENT) .

5 – 1 – 2 – 1 يتم تسخين العينة بالعناية اللازمة لتجنب التسخين الموضعي الزائد حتى تصبح سائلة بالقدر الذي يكفي لصبها ثم تقلب العينة بين الحين والآخر للمساعدة في انتقال الحرارة ولضمان التجانس الجيد.

5 – 1 – 2 – 2 ينقل ما لا يقل عن 20 مليلتر في الوعاء المناسب ليبدأ التسخين حتى تصل درجة الحرارة إلى 135 ±5.5ْ م (275±10ْ ف) ، ويستمر التقليب بين الحين والآخر لتجنب التسخين الموضعي الزائد مع مراعاة عدم احتباس الهواء .

خطوات الاختبار

1. تختلف قليلاً التفاصيل اللازمة لإجراء الاختبار تبعاً لنوع مقياس الزوجة المستخدم من حيث تعليمات الاستخدام للنوع المختار من مقياس اللزوجة ، وعلى أي حال لابد من اتباع الطريقة المبينة بالبنود (6-2) إلى (6-8) في جميع الحالات .
2. يحفظ الحمام عند درجة حرارة الاختبار في حدود ±0.03ْ م (±0.05ْ ف) ، وتجرى التصحيحات اللازمة (إن وجدت لجميع قراءات مقياس درجة الحرارة) .
3. يتم اختيار مقياس لزوجة نظيف وجاف بحيث يعطي زمن انسياب أكبر من 60 ثانية ثم يسخن مسبقاً إلى درجة حرارة الاختبار .
4. يملأ مقياس اللزوجة بالطريقة المبينة طبقاً لتصميم الجهاز.
5. يترك مقياس اللزوجة الممتلئ في الحمام مدة كافية حتى يصل إلى درجة حرارة الاختبار.
6. يبدأ في انسياب الأزفلت في مقياس اللزوجة.
7. يجرى قياس الزمن اللازم لمرور الحافة المتقدمة للسطح الهلالي للسائل من العلامة الأولى إلى العلامة الثانية بدقة 0.1 ثانية ، فإذا قل زمن الانسياب عن 60 ثانية لابد من اختبار مقياس لزوجة آخر ذو قناة شعرية يقل قطرها عن الأولى ثم تكرر العملية .
8. بعد الانتهاء من الاختبار ينظف مقياس اللزوجة جيداً بشطفه عدة مرات بمذيب مناسب يكون قابلاً للامتزاج التام بالعينة ثم يعقبه شطف بمذيب متطاير تماماً وتجفف الأنبوبة بإمرار تيار هواء بطيء مرشح ومجفف خلال القناة الشعرية لمدة دقيقتين أو حتى يزول كل أثر للمذيب ، ولابد من تنظيف الجهاز دورياً بمحلول حمض الكروميك لإزالة الرواسب العضوية ثم يشطف بعد ذلك بالماء المقطر والأسيتون الخالي من الرواسب ويجفف أخيراً بهواء جاف مرشح .

1. **الحسابات**

1. تحسب اللزوجة الحركية لأقرب ثلاث أرقام صحيحة باستخدام المعادلة التالية :

اللزوجة الحركية (سنتي ستوك) = م . ز

حيث :

م = ثابت المعايرة لمقياس اللزوجة (VISCOMETER) (سنتى ستوك / ث)

ز = زمن الانسياب (ث) .

2. **التقرير**

لابد دائماً من تسجيل درجة حرارة الاختبار مع النتائج فمثلاً : اللزوجة الحركية عندْ60 م (140 ف) تساوي 75.6 سنتي ستوك .

3. **درجة الدقة**

يبين الجدول أدناه معيار الحكم على مدى قبول نتائج اختبارات اللزوجة بهذه الطريقة .
يراعى أن القيم المعطاة بالعمود الثاني هي معاملات التباين التي وجد أنها تلائم مواد وظروف الاختبار المبين في العمود الأول ، وتعتبر القيم المعطاة في العمود الثالث هي الحدود التي يجب ألا يتجاوزها الفرق بين نتيجتين لاختبارين تم إجراؤهما على النحو الصحيح .

المادة ودليل النوع	معامل التباين (نسبة مئوية من المتوسط (أ ((	الحدود المقبولة لنتيجتين نسبة مئوية من المتوسط (أ(
دقة تكرار النتائج لفني واحد أزفلت شبه صلب عند 5135م (5275ف (	0.64	1.8
أزفلت سائل عند 560م (5140ف (		
أقل من 3000 سنتي ستوك	0.53	1.5
من 3000 إلى 6000 سنتي ستوك	0.71	2.0
أعلى من أو يساوي 6000 سنتي ستوك	3.2	8.9
دقة تكرار النتائج من مختبرات مختلفة أزفلت شبه صلب عند 5135م (5275ف (	3.1	8.8
أزفلت سائل عند 560م (5140ف (		
أقل من 3000 سنتي ستوك	1.06	3.0
من 3000 إلى 6000 سنتي ستوك (ب (	3.11	9.00
أعلى من أو يساوي 6000 سنتي ستوك (ب (	3.6	1.00

أ – تمثل هذه الأرقام على الترتيب الحدود لنسبة انحراف معياري واحد (S1٪) أو انحرافين (D2S٪) كما هو مبين في مواصفات الآشتو (R2) .
ب – مبنية على أساس أن لها درجات حرية تقل عن 30 درجة .
جدول (12) مدى قبول اختبارات تعيين اللزوجة الحركية

4. **المعـايرة :**

تتم معايرة مقياس اللزوجة الروتيني باستخدام سوائل اللزوجة القياسية ليتم اختبار سائل اللزوجة _ قياساً من جدول (3) _ له زمن انسياب لا يقل عن 200ث وذلك عند درجة حرارة المعايرة وتفضل أن تكون 537.8م (5100ف) ويحدد زمن الانسياب لأقرب 0.1 ثانية , ثم يحسب مقياس اللزوجة (ب) كما يلـي :

ب = ز / ن
حيث إن
ز = لزوجة السـائل القياسي (سنتي ستوك) .
ن = زمن الانسياب (ثانيــة) .
ويلاحظ أن ثابت مقياس اللزوجة لا يعتمد على درجة الحرارة لأنواع مقاييس اللزوجة التالية :

1. زيتفوس ذو الذراع المستعرض .
2. ولانتز – زيتفوس (BS-IP-RF) ذو الأنبوبة على شكل حرف (U) .

ويتميز مقياس اللزوجة للسوائل المعتمة (طراز كانون – فينسك) بأن له حجماً ثابتاً للعينة التي يتم ملؤها عند درجة حرارة الملء , فإذا اختلفت درجة حرارة الاختبار عن درجة حرارة الملء يتم حساب ثابت مقياس اللزوجة كما يلي :
ثابت مقياس اللزوجة (ب) = ب م (1 + م (هـ ح – هـ ل)) .
حيث :
ب م = ثابت مقياس اللزوجة عند ملئه واختباره عند نفس درجة الحرارة .
هـ = درجـة الحرارة .
م = معامل يعتمد على درجة الحرارة .
ح ، ل = تشير الأولى (ح) إلى درجة حرارة الاختبار بينما تشير الثانية (ل) إلى درجـة حرارة الملء على الترتيب .
ويحسب الثابت الذي يعتمد على درجة الحرارة باستخدام المعادلـة التــاليـة :

$$\text{المعامل} = 4\ أ\ ح\ /\ ط\ ق\ 2\ ف = \frac{4ح\ (\ ث\ ل - ث\ ح\ (}{ط\ ق 2\ ف\ ث\ ح\ (\ هـح - هـ ل\ (}$$

حيث :
ح = حجم الشحنة (سم3)
ق = القطر المتوسط لسطح السائل في الخزان العلوي .
ف = متوسط علـو الضغط المؤثـر .
أ = معامل التمدد الحراري لعينة الاختبار بين درجــة حرارة الملء ودرجة حرارة الاختبار .
ث = الكثـافة جم / سم3 .
الرموز السفلية (ح ، ل) = كما هو مبين سابقاً .
إذا استخدم مقياس اللزوجة عند موضع يختلف عن موضع معمل المعايرة فيجب تصحيح الثابت (ب) للفرق في عجلة الجاذبية (ع) عند الموضوعين كما يلـي :

$$ث2 = \frac{ع2 \times ث1}{ع1}$$

ث2 = ثابت المعايرة في معمل الاختبار .
ث1 = ثابت المعايرة في معمل المعايرة .

ع2 = عجلة الجاذبية بمعمل الاختبار .
ع1 = عجلة الجاذبية بمعمل المعايرة .
ويجب أن تذكر شهادات مقاييس اللزوجة قيمة "ع" في موضع معمل المعايرة ، ويلاحظ أن الخطأ في تصحيح فعل الجاذبية يؤدي إلى خطأ يساوي 0.2٪ .

المواصفات القياسيـة لزيوت اللزوجـة طبقاً لمواصفـات الجمعيـة الأمريكية لاختبـار المـواد اللزوجة	الحركية التقريبية (سنتي ستوك (		
	عند 537.8م (5100)ف (	عند 550م (5122)ف (	عند 599م (5210) ف (
د 60	60	-	-
د 200	200	-	-
د 600	600	280	32
د 2000	2000	-	-
د 8000	8000	-	-
د 30000	27000	11000	-

جـدول (13) المواصفات القياسية لزيوت اللزوجـة

5. معايرة مقياس لزوجة روتيني بمقياس لزوجة قياسي .

يتم اختبار أي زيت بترولي له زمن انسياب لا يقل عن 200 ثانية ويختار كذلك مقياس لزوجة قياسي معلومة قيمة الثابت "ب" لـه ، فيكون مقياس اللزوجة هـذا هو مقياس اللزوجة الرئيسي الذي تمت معايرته بطريقـة " الزيادة أو المضاعفة " باستخدام مقاييس لزوجة ذات أقطار كبيرة على التعاقب ابتداءً بالماء المقطر باعتباره المعيار القياسي الرئيسي للزوجة ، أو مقياس لزوجة روتيني من نفس النوع والذي تمت معايرته بالمقارنة بمقياس اللزوجة الرئيسي ، وتوجد مقاييس لزوجة معايرة متوفرة عند عدد من الموردين التجاريين .

1. يركب مقياس اللزوجة القياسي ومقياس اللزوجة المطلوب معايرته مع بعضهما البعض بداخل نفس الحمام ثم يحدد زمن انسياب الزيت بالطريقة المبينة بالبند السادس .
2. يحسب الثابت (ب) كما يلي:

$$ب1 = \frac{ت2 \times ب2}{ت1}$$

3.

ب1 = الثابت (ب) لمقياس اللزوجة الروتيني .
ت1 = زمن الانسياب بمقياس اللزوجة الروتيني لأقرب 0.1ث
ب2 = الثابت (ب) لمقياس اللزوجة القياسي .
ت2 = زمن الانسياب بمقياس اللزوجة القياسي لأقرب 0.1 ث

5-1-7 اللزوجة المطلقة للأزفلت (Absolute Viscosity of Asphalt)

المواصفات الفنية :(ASTM D 2171) (AASHTO T 202)

1. **المجال**

تغطي هذه الطريقة عمليات تحديد اللزوجة المطلقة للأزفلت (البيتومين) باستخدام مقاييس اللزوجة الشعرية بالتفريغ عند ْ60 م (140 ف) وهو يستخدم لمواد ذات لزوجة في حدود من 0.036 إلى 200.000 بويز .

ملحوظة :

تناسب هذه الطريقة الاستخدام عند درجات حرارة أخرى إلا أن الدقة المذكورة محددة للأزفلت شبه الصلب عند ْ60 م (140 ْ ف) .

2. **ملخص الطريقة**

1. يقاس الزمن اللازم لسحب حجم معين من السائل خلال أنبوبة شعرية بواسطة التفريغ ، وذلك تحت ظروف متحكم فيها إلى حد ما من حيث التفريغ ودرجة الحرارة ، وتحسب

اللزوجة المطلقة بالبويز كحاصل ضرب زمن الانسياب بالثواني في ثابت معايرة مقياس اللزوجة .

ملحوظة :
يقل معدل القص كلما تحرك السائل أعلى الأنبوبة إلا أنه يمكن تغييره باستخدام درجات تفريغ مختلفة أو مقاييس لزوجة ذات مقاسات مختلفة ، لذا فإن هذه الطريقة مناسبة تماماً لقياس لزوجة عينة ذات خواص نيوتونية وسوائل غير نيوتونية (معقدة).

3. **التعريفات**

1. تعتبر اللزوجة المطلقة أو الديناميكية لسائل نيوتوني هي الاحتكاك الداخلي الذي ينشأ إذا أثرت قوة مماسة مقدارها (1) داين على مستويات لها وحدة المساحات يفصل ما بينها وحدة المسافات وذلك بسرعة مماسة قدرها وحدة السرعات ، وفي هذه الحالة فإن لزوجة السائل تساوي (1) بويز .
2. السائل النيوتوني هو السائل الذي يتناسب فيه معدل القص مع إجهاد القص وتكون النسبة الثابتة لإجهاد القص إلى معدل القص هي لزوجة السائل ، فإذا لم تكن هذه النسبة ثابتة كان السائل غير نيوتونى .

4. **الجهاز والمعدات المستخدمة**

1. مقياس درجة الحرارة

مقياس الحرارة الخاص باللزوجة الحركية طبقاً لمواصفات الجمعية الأمريكية لاختبار المواد في حدود من 137.5 إلـى ْ142.5 ف ، ويطابق متطلبات مقياس درجة الحرارة 47 ْ ف و47 ْ م المبين بالمواصفـات ، ويمكن استـخدام أي أدوات لقيـاس درجات الحرارة شريطـة أن تكون دقتها وحساسيتها تساوي إن لم تزد عن تلك القيـم للمقياس المبـين .
لقد تم معايرة مقياس درجة الحرارة المذكورة عند الغمر التام والذي يعني الغمر حتى قمة محور الزئبق بينما يكون المتبقي من الساق وغرفة التمدد أعلى مقياس درجة الحرارة مكشوفاً لدرجة حرارة الغرفة ، ولا يوصى بإجراء الغمر الكلي التام لمقياس درجة الحرارة لأنه إذا غمرت هذه المقاييس تماماً فإنه يجب أن تجرى تصحيحات كل مقياس على حدة على أساس المعايرة تحت ظروف الغمر التام بعد تحديدها ، وإذا غمر المقياس كلياً في حمام أثناء الاستخدام فإن ضغط الغاز بغرفة التمدد يكون أعلى أو أقل عنه أثناء عملية المعايرة مما قد يؤدي إلى قراءات عالية أو منخفضة على مقياس درجة الحرارة .

2. الحمام المستخدم

يعتبر الحمام مناسباً لغمر مقياس اللزوجة إذا ما كانت علامة التوقيت العليا تنخفض عن سطح السائل بالحمام بمقدار لا يقل عن 20 مم ، وكذلك رؤية كلٌ من مقياس اللزوجة أو مقياس درجة الحرارة بوضوح ، ولا بد من التثبيت الجيد لمقياس اللزوجة .
كما يجب أن تكون كفاءة التقليب والموازنة بين الفقد في الحرارة والحرارة الداخلة بالقدر الذي لا تتغير معه درجة حـرارة سائل الحـمام بأكثر من ± ْ0.03 م (± ْ0.05 ف) على امتداد طول مقياس اللزوجة أو ما بين مقياس لزوجة وآخر في مواضيع مختلفة بالحمام .

3. نظام التفريغ

يستطيع نظام التفريغ المحافظة على قدر من التفريغ في حدود ± 0.5 مم من المنسوب المطلوب على ألا يتعدى 300 مم زئبق ، ويجب استخدام أنابيب زجاجية قطرها الداخلي 6.35مم (1/4بوصة) كما يجب أن تكون جميع المفاصل الزجاجية محكمة ضد تسرب الهواء بحيث لا يبين المانومتر الزئبقي ذو الطرف المفتوح والمدرج بأقسام "1" مم أي فقد في التفريغ عندما يكون النظام مغلقاً , ويمكن استخدام مضخة تفريغ كمصدر للتفريغ .

4. أداة التوقيت

تستخدم ساعة إيقاف أو أي أداة توقيت أخرى مدرجة إلى أقسام يعادل القسم الواحد منها "0.1" ثانية أو أقل وتبلغ دقتها في حدود 0.05٪ عند اختبارها عبر فترات زمنية لا تقل عن "15" دقيقة .

5. أدوات توقيت كهربائية

وهي لا تستخدم إلا مع دارات كهربائية يتم التحكم في ترددتها بدقة 0.05٪ أو أفضل .
يمكن أن تؤدي التيارات الكهربائية المتناوبة – ذات الترددات التي يتم التحكم فيها تحكماً متقطعاً وليس بصفة مستمرة كما هو الحال في أغلب مجموعات القدرة الشائعة إلى أخطاء جسيمة , خاصة في حالات فترات التوقيت القصيرة عندما تستخدم لتشغيل أدوات التوقيت الكهربائية .

5. **إعداد العينة**

1. يتم تسخين العينة مع مراعاة العناية لتجنب التسخين الموضعي الزائد حتى تصبح سائلة بالقدر الكافي لصبها وتقلب العينة بين الحين والآخر لمساعدة الانتقال الحراري ولضمـان

التجانس ، ويجب ألا تتعدى درجة الحرارة القصوى 100˚ م أو 180˚ف فوق درجة الطراوة المتوقعة .

2. ينقل قدر من العينة لا يقل عن 20 ملليتر إلى وعاء مناسب ثم يسخن حتى 135˚ ±5.5م (275±10˚ ف) ويجرى تقليبها بين الحين والآخر للحيلولة دون حدوث تسخين موضعي زائد مع مراعاة العناية لعدم حبس هواء بالعينة .

6. **طريقة العمل**

1. تختلف التفاصيل المحددودة لعمل الاختبار قليلاً تبعاً لنوع مقايس اللزوجة (انظر الأشكال 12 ، 13 , 14) ، لمعرفة بيانات عن قياس اللزوجة المختارة ، وفي جميع الحالات وعلى أي حال تتبع الطريقة العامة المبينة في البنود الآتية :

6 – 1 – 1 يحفظ الحمام عند درجة حرارة الاختبار وهي 60˚م في حدود ±0.03˚ م (±0.05˚ ف) وتجرى التصحيحات اللازمة إذا لزم ذلك لجميع قراءات مقياس درجة الحرارة .

6 – 1 – 2 يتم اختيار مقياس لزوجة نظيف وجاف يعطي زمن انسياب أكبر من 60 ثانية ، ثم يسخن حتى درجة 135 ±5.5م (275 ±10˚ ف) .

6 – 1 – 3 يملأ مقياس اللزوجة بصب العينة المعدة في حدود ± 2 مم من خط الملء (هـ) (انظر الأشكال 12 ، 13 ، 14) .

6 – 1 – 4 يوضع مقياس اللزوجة الممتلئ في فرن أو حمام عند درجة حرارة ثابتة مقدارها 135 ±5.5˚ م (275±10˚ ف) لمدة 10 ± 2 دقائق لضمان خروج فقاعات الهواء الكبيرة .

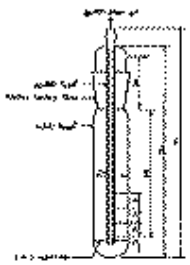
6 – 1 – 5 ينقل مقياس اللزوجة من الفرن أو الحمام ثم يوضع خلال خمسة دقائق في حامل ويضبط مقياس اللزوجة في وضع رأسي داخل الحمام الذي تم ضبط درجة حرارته عند 60˚م بحيث لا تقل علامة التوقيت العليا عن 20 مم أسفل سطح السائل بالحمام .

6 – 1 – 6 يتم إحداث تفريغ قدره 300 ± 0.5 مم زئبق في جهاز التفريغ ثم يوصل هذا الجهاز بمقياس اللزوجة والصمام المفصلي أو المحبس مغلقاً بالخط الموصل إلى مقياس اللزوجة .

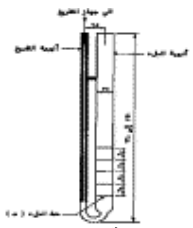
6 – 1 – 7 ويبدأ في انسياب الأزفلت داخل مقياس اللزوجة بعد انقضاء مدة 30± 5دقائق من بدء وجود مقياس اللزوجة داخل الحمام وذلك بفتح الصمام المفصلي أو المحبس بالخط الموصل لجهاز التفريغ .

6 – 1 – 8 يقاس الزمن اللازم لتمر حافة سطح السائل العلوية بين زوجين متتابعين لعلامات التوقيت بدقة 0.1 ثانية ، ويسجل زمن الانسياب الأول الذي يتجاوز 60 ثانية بين زوجين من علامات التوقيت مع ملاحظة تعيين زوج علامات التوقيت .

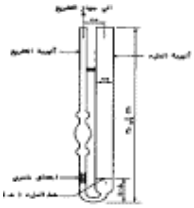
2. يعتبر تنظيف مقياس اللزوجة ذا أهمية قصوى ، ويمكن اتباع أية طريقة للتنظيف شريطة الحصول على سطح نظيف جاف في الأنبوبة ، ويوصى باستخدام الطريقة التالية في التنظيف : يزال مقياس اللزوجة من الحمام بعد انتهاء الاختبار ، ويوضع في وضع مقلوب في فرن عند درجة حرارة ثابتة قدرها 135±5.5˚م (275±60˚ ف) حتى ينساب الأزفلت تماماً من مقياس اللزوجة الذي ينظف بعد ذلك جيداً بشطفه عدة مرات بواسطة مذيب مناسب قابل للامتزاج تماماً مع العينة ، ثم يعقب ذلك استخدام مذيب متطاير تماماً ، وتجفف الأنبوبة بإمرار تيار بطيء من الهواء الجاف المرشح خلال الاختناق الشعري لفترة 120 ثانية ، أو حتى إزالة كل أثر للمذيب ، ويراعى تنظيف الجهاز دورياً بمحلول حمض الكروميك لإزالة الرواسب العضوية ثم يشطف جيداً بالماء المقطر والأسيتون الخالي من الرواسب ويجفف أخيراً بهواء جاف نظيف .



شكل رقم (12) مقياس اللزوجة الشعري المعدل لكوبر الأمريكي



شكل رقم (13) مقياس اللزوجة الشعري بالتفريغ لمعهد الأزفلت



شكل رقم (14) مقياس اللزوجة الشعري بالتفريغ لكانون ماننج

6-1-7 الطريقة القياسية لتحديد نقطة الطراوة Softening Point

المواصفات الفنيـة (AASHTO T - 53) .

1. **مقدمة**

1. ينتقل البيتومين تدريجيا من حالة الصلابة ، ويصبح أكثر طراوة وأقل لزوجة كلما ارتفعت درجة الحرارة ضمن مدى واسع من الحرارة .
2. كلما كانت نقطة الطراوة أعلى قلت حساسية البيتومين للحرارة ، ولذلك تفيد هذه التجربة في مقارنة أنواع الأزفلت المختلفة ، وهذا يساعد على تصنيف أنواع البيتومين ، وتعطينا فكرة عن ميل البيتومين للانسياب عند درجات الحرارة المرتفعة عندما يوضع على الطرق .
3. تفيدنا هذه الطريقة في السيطرة على إنتاج البيتومين في محطات التكرير وفي إنتاج البيتومين المعرض للهواء ، كذلك فإن للتجربة أهمية خاصة في الطبقات السميكة من البيتومين والبيتومين المستعمل لملء الفواصل والشقوق ودهان الأسطح حيث إن نقطة الطراوة العالية تعني عدم انسياب البيتومين أثناء وبعد الاستعمال .

تعطي هذه التجربة تعيين نقطة الطراوة للأزفلت في مدى يتراوح من 30 إلى 175مْ باستخدام جهاز الحلقة والكرة في حمام ساخن به محلول الأيثيلين جليكول .

2. **الجهاز**

1. حلقات من النحاس تـوافق الأبعـاد المبينـة في الشكل رقم (15-أ) .
2. كرة من الصلب بقطر 3/8 (9.5 مم) وتزن 3.5± 0.05جم .
3. دليل مصنوع من النحاس لتحـديد المركز للكرة كما هو مبين بالشكل رقم (15 - ب) .
4. حمـام ذو سعـة 800ملليلتر من نوع الكأس الثابت وبزجاج مقاوم للحرارة .
5. حامل الحلقـة (شكل رقم 15 - جـ).

5 – 1 تثبت الحلقـات في وضـع أفقـي بحيث يكـون أسفـل الحلقـات علـى ارتفـاع 1" ± 003 " (25.4مم ± 0.8 مم) فوق السطح العلوي للوح السفلي ويجب أن تترك مسـافـة مقدارها 12.7مم (0.5 ") على الأقل و 19.1مم (0.75 ") على الأكثـر بين السطح الأسفل من اللوح السفلي وقاع الحمام .

5 – 2 يعلق مقياس الحرارة بحيث يكون قاع الانتفاخ مستـوياً مع قاع الحلقـات ويكـون على مسافة 05 " (127مم) من الحلقات من غير لمسها .

6. مقيـاس الحـرارة المستخدم لقياس درجـة التطريـة للمـادة البيتومينيـة يكـون لـه مدى من – 51م إلـى 5175م أي من 520ف إلـى 5250ف .
7. حمـام السـوائل – أيثلين جليكول ذو درجـة غليـان بين 5193 م و 5204م .

3. **العينات**

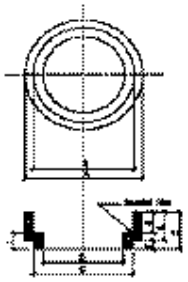
1. يتم تسخين البيتومين مع التحريك لمنع التسخين الموضعي حتى يصبح سائلاً يمكن سكبه ، ويجب ألا يسخن الأزفلت الأسمنتي أكثر من 100مْ أعلى من نقطة الطراوة المتوقعة ، و ألا يستمر التسخين أكثر من 30 دقيقة فوق لهب أو ساعتين في فرن مع تجنب حدوث فقاعات هوائية .

2. توضع الحلقات فوق سطح صلب مطلي بالجلسرين أو أي مادة مناسبة لمنع الالتصاق وتملأ الحلقات بالبيتومين حتى يصل إلى مستوى أعلى من حافة الحلقة ، ثم تبرد العينات في الهواء لمدة نصف ساعة ، ثم يزال الأزفلت الزائد بالسكين ، ويجب أن ينتهي العمل خلال أربع ساعات .

شكل رقم (15) جهاز درجة التطرية للأزفلت

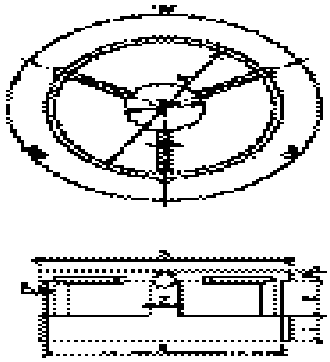
	بوصة	مم
A	0.91 ± 0.01	23 ± 0.3
B	0.78 ± 0.01	19.8± 0.3
C	0.75 ± 0.01	19.1 ± 0.3
D	0.63 ± 0.01	15.9 ± 0.3
E	0.17 ± 0.01	4.4 ± 0.3
F	0.08 ± 0.01	2 ± 0.3
G	0.25± 0.02	6.4 ± 0.4
H	0.14± 0.01	3.6 ± 0.3
I	0.11 ± 0.01	2.8 ± 0.3

شكل (15 – أ) حلقة بحواف

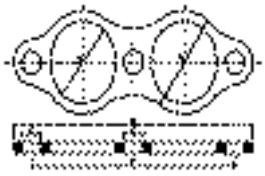


	بوصة	مم
A	0.91 (ملحوظة ب)	23.1 (ملحوظة ب)
B	0.78 (ملحوظة جـ)	9.6 (ملحوظة جـ)
C	0.06 ± 02. 0	1.5 ± 0.3
D	0.97 ± 0.01	24.6 ± 0.3
E	0.03± 0.02	0.8 ± 0.5
F	0.12 ± 0.02	3 ± 0.5
G	0.06 ± 0.01	1.5 ± 0.3
H	0.19 ± 0.01	4.8 ± 0.3
I	0.17 ± 0.01	4.3 ± 0.3

شكل (15 – ب)
دليل لتحديد مركز الكرة



شكل (15 – جـ) حامل الحلقة



	بوصــة	مــم
A	0.75 (ملحوظة أ)	19.1 (ملحوظة أ)
B	0.94± 0.02	23.9± 0.5
C	3 ± 0.02	76.2 ± 0.5
D	0.22± 0.02	5.6 ± 0.5
E	0.22 ± 0.02	5.6 ± 0.5
F	2.62± 0.02	66.5 ± 0.5

ملحوظة (أ) هذا القطر يكون أكبر بدرجة طفيفة (تقريباً 0.05 مم) عن البعد C الشكل (15-أ) حلقة بحواف – حتى يسمح إدخال الحلقة في المجموعة النهائية وتكون فقاعة مقياس الحرارة في حدود (12.7مم) ولكن لا تلمس دليل تحديد المركز للكرة .

ملحوظة (ب):هذا القطر يكون أكبر بدرجة طفيفة (تقريباً 0.05 مم) عن البعد A للشكل (15-أ) حلقة بحواف حتى تنـزلق على الحلقة .

ملحوظة (جـ) : هذا القطر يكون أكبر بدرجة طفيفة (تقريباً 0.05 مم) عن (9.6مم) حتى يسمح بوضع وتحديد مركز الكرة الصلبة .

4. **طريقة الفحص**

1. توضع الحلقات الحاويـة للعينات فـوق القطعة المخصصة لحملها ، ويوضع فوقها الحلقات (القطع) التي تبقي الكرة فوق الأزفلت في المركز وتغمر المجموعة في حمام من سائل الأيثيلين جليكول(Ethyleneglycol) وبعمق يتراوح بين 100 – 108 ملم بشكل يبعد أسفل اللوحة السفلى مسافة تتراوح بين 25 – 37 ملم من قاع الوعاء ويوضع ميزان الحرارة في منتصف الوعاء رأسياً حتى يصل إلى مستوى الحلقات دون أن يلامس الحلقات أو اللوحة .
2. تثبت درجة الحرارة للحمام عند 4 ± 1مْ لمدة 15 دقيقة .
3. توضع الكرات فوق عينات الأزفلت ضمن الحلقات التي تبقي الكرات في مركز العينة .
4. ابدأ التسخين بحيث ترتفع درجة الحرارة تدريجياً بمعدل 5 ± 0.5مْ كل دقيقة ، ولا يجوز عمل معدل لارتفاع الحرارة على مدى زمن التجربة ، و تلغى أي تجربة لا يتم التحكم فيها بالحرارة بالمعدل المطلوب بعد مرور 3 دقائق . ويستمر التسخين للكرات والعينة حتى تبدأ العينة بالانسياب والهبوط ، وعندما تلامس العينة اللوحة السفلية تسجل درجة الحرارة ، وقد تلامس أحد الكرات اللوحة قبل الأخرى فإذا كان الفرق بين الحرارة التي سجلت لتلامس الكرة الأولى والحرارة التي سجلت للثانية أعلى من درجة مئوية تعاد التجربة .

2- اختبارات الخلطات الأزفلتية المستخدمة في الرصف7

: وتشمل الآتي

1. الطريقة القياسية لأخذ عينات ممثلة للخلطات الأزفلتية .
2. الطريقة القياسية لاستخلاص الأزفلت من الخلطات الأزفلتية وتحديد مكوناتها (تحليل الخلطة الأزفلتية) .
3. الطريقة القياسية لتحديد الوزن النوعي لعينات خلطة أزفلتية مدموكة باستعمال العينات المشبعة والمجففة السطح من الخارج .
4. الطريقة القياسية لتحديد الوزن النوعي الأقصى للخلطات الأزفلتية الغير مدموكة .
5. الطريقة القياسية لفحص مقاومة الخلطات الأزفلتية للانسياب اللدن باستعمال جهاز مارشال .

المستخدمة في الرصف -2-1 الطريقة القياسية لأخذ عينات ممثلة للخلطات الأزفلتية7

(AASHTO T 40-72): المواصفة الفنيـة

1. **مقدمة**

هذه الطريقة تحدد أسلوب أخذ العينات للخلطات الأزفلتية المستخدمة في الرصف وكذلك مواد الخلطة ، وهذه العينات يمكن استخدامها كعينة ممثلة للخلطة الأزفلتية وكذلك لتحديد التغير الدوري في خواص الخلطة وذلك بهدف ضبط الجودة .

2. **اختيـار العينة**

أهمية إجراء الاختبارات للمواد ، ويجب اتخاذ كل الاحتياطات اللازمة إن طريقة أخذ عينات ممثلة للمواد له نفس الخشن وبين عينات ممثلة للخلطات الأزفلتيـة ، فمثلاً يجب تفادي حدوث انفصال للمواد بين الركام للحصول على . المواد الناعمة للخلطة الأزفلتية

. حدوث أي تلوث للعينات بواسطة الغبار أو أي مواد غريبة أخرى كما يجب اتخاذ الاحتياطات لمنع للمواصفات الأزفلتية التي تستخدم كعينات قبول أو رفض لغرض التحقق من مطابقة مواد التنفيذ عينات الخلطة . المتبعة لذلك يجب أن تختار بواسطة مهندس ممثل للمالك أو من يمثله وذلك طبقاً للخطوات

3. **حجم العينات**

: للحصى (الركام) والجدول الآتي يوضح أقل كمية مطلوبة تعتمد كمية العينة على المقاس الاسمي الأكبر

المقاس الاسمـي الأكبر ملم	أقل وزن للعينـة غير المدموكة)كجم (	أقل مساحة للخلطة المدموكة سم2
50	16	1450
37.5	11	950
25	9	950
19	7	650
12.50	5	400
9.50	4	250
4.75	2	250
2.38	2	250

4. **جدول رقم (14) يوضح أقل وزن ومساحة للعينة باعتبار مقاس الركام**

5. **العينات الممثلة المأخوذة عند أماكن الإنتاج:**

الخلطة التي يتم تفريغهـا من الخلاطـة يجب أن تؤخذ من كومة بواسطة مغـرفة (SHOVEL / SCOOP) وذلك من أسفل إلى أعلى وذلك عند نقطتين تفصلهما زاوية مقدارها 180درجة ، ويتم تجزئة العينة بعد ذلك إلى الوزن المطلوب بإعادة الخلط ثم التقسيم ، وإذا كانت العينة تمثل أكثر من خلطة فإن العينة يجب أن تؤخذ عند أوقات منتظمة من الخلطات المتعاقبة طبقاً لما ذكر أعلاه عند أخذ العينة وتوضع في إناء مناسب ، وعند جمع العينات من خلطات مختلفة فإنها تخلط ثم تقسم على سطح ناعم ونظيف , وفي بعض الأحيان فإن العينة المأخوذة

تحتاج إلى التدفئة وذلك لتسهيل عملية إعادة الخلط والتقسيم ، ولكن يجب اتخاذ الاحتياطات لتفادي زيادة التسخين لأي جزء من العينة ، ويتم التسخين بالقدر الكافي فقط لجعل الخليط أكثر سهولة عند الخلط .
إذا كان الغرض من العينة هو ضبط الإنتاج الخاص بالخلاطة فإن العينة لا تخلط ولكن يتم أخذها بمفردها .
*العينات المأخوذة من الأكوام الاحتياطية يجب أن تؤخذ بواسطة مزج كميات متساوية من المخلوط مأخوذة من حفر محفورة في نقاط مختلفة عند أعلى ووسط وقاع الكومة (Stock Pile) ، ويتم تجزئة العينة إلى الحجم المطلوب للعينات الممثلة للخلطـات .

6. **العينـات المماثلــة المأخـوذة أثنـاء الرصف :**

يجب أن لا يقل حجم العينـة المأخـوذة من موقـع تم رصفـه (إعادة أخذ العينة من وراء الفرادة PAVER) ولغرض تحديد خواص الخلطة عن المساحة المذكورة في جدول رقم (14) , ويجب أن تمتد إلى كامل عمق طبقة الرصف ، ويجب أن لايقل عدد العينات عن عينة واحدة لكل رصف يومي . كما يجب أن

تقطع العينة بالطريقة المناسبة والتي تسمح بأقل تأثير على كثافة العينة ، ويجب المحافظة على شكل العينة المأخوذة أثناء النقل وذلك بحمايتها ودعمها .

7. **العينات الممثلة المأخوذة من الخلطات المخلوطة بنفس الموقع .**

يجب أن تؤخذ عينات من الخلطات التي يتم خلطها بالموقع (موقع الرصف) ، وذلك لغرض تحديد الخواص الفيزيائية للخلطة وتحديد نسبة البيتومين وذلك بعد خلط البيتومين جيداً مع المواد .
وإذا كانت الخلطة على هيئة أكوام فتؤخذ عينة واحدة كل 150م طولي وتختبر لوحدها ، وتؤخذ العينات بعد أن تتم تسوية الكومة عند نقطة واحدة إلى طبقة واحدة بسمك حوالي 0.3م ، ويتم أخذ عينات من ثلاثة أماكن مختلفة لغرض أخذ الكمية الكافية ، وإذا كانت الخلطة قد تمت تسويتها في الطريق فإن العينة تؤخذ كل150 م طولي ، وإذا أريد أخذ عينات إضافية من الخلطة للتأكد من تجانسها فإنها تؤخذ كل150 م طولي وعلى بعد 0.6م من مسافة الرصف ، وتتخذ الاحتياطات لتفادي قطع مواد من طبقة الأساس أو تحت الأساس الموجودة أسفل طبقة الأزفلت .

2-7 -2 الطريقة القياسية لاستخلاص الأزفلت من الخلطات الأزفلتية وتحديد مكونات الخلطة .

1. **مقدمة :**

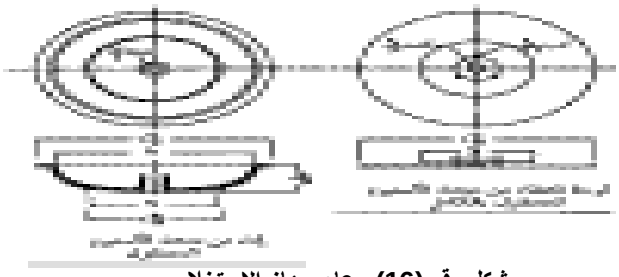
تحدد هذه التجربة تعيين كمية الأزفلت (البيتومين (الموجودة في الخلطات الأزفلتية الساخنة ولعينات الأزفلت المستعملة على الطرق ، وتجرى كذلك تجربة التدرج الحبيبي للركام بعد استخلاص الأزفلت , وتستعمل هذه الطريقة من أجل تحديد مطابقة الخلطات للمواصفات وتقويمها وضبط الجودة .

2. **الأجهزة :**

1. جهـاز الاستخلاص مؤلف من وعاء له غطاء محكم ويدور بسرعة قصوى مقدارها 3600دورة في الدقيقة ، ويتم التحكم بالسرعة يدوياً أو بتحديد السرعة مسبقاً ، ويوجد فتحة في الوعاء لخروج السائل مع مدرج لجمع السائل الخارج من الوعاء .
2. 0.005 بوصة±. ورق ترشيح على هيئة حلقات بمقاس الوعاء سمكه 0.05
3. 5 مْ ، ميزان ، ولوحة تسخين كهربائية ، ومخبار مدرج±فرن درجة حرارته 110 200-100ملم ، وبوتقة للحرق سعتها 125ملم ، ووعاء تجفيف محكم الإغلاق ، ومناخل قياسية .

3. **المحاليل :**

1. محلول الترايكلورو أيثيلين Trichloroethelene .
2. محلول كربونات الأمونيوم .((NH4) 2 Co3)



شكل رقم (16) وعاء جهاز الاستخلاص

4. **تحضير العينة :**

إذا كانت الخلطة غير لينة لنتمكن من تقسيمها بالمسطرين أو السكينة توضع في الصينية وتسخن حتى يمكن

تفكيكها .
تقسم العينة بالتربيع حتى نحصل على كمية مناسبة للفحص في حدود الجدول المرفق .

أقل وزن للعينة (كجم (	المقاس الاسمي الأكبر للركام (ملم (
4.00	37.500
3.00	25.00
2.00	19.00
1.50	12.500
1.00	9.500
0.500	4.75

5. إذا كانت العينة بها رطوبة نسبتها أكبر من 0.1٪ فإنه يتم حساب محتوى الرطوبة ، وبعد ذلك تؤخذ عينة يكون وزنها حسب المقاس الأكبر الاسمي للركام كما هو مذكور بالجدول السابق وتوضع في إناء جهاز الاستخلاص .
تغمر العينة الموجودة بالإناء بمحلول الترايكلورو أيثيلين وتترك لمدة لا تزيد عن ساعة حتى يتحلل المزيج ، ويوضع الإناء والمحلول والعينة في الجهاز ، وتوضع ورقة الترشيح بعد وزنها على فوهة الإناء ، ويتم وضع الغطاء بإحكام ، ويوضع مخبار تحت فتحة التصريف .
يدار الجهاز ببطء في البداية ، ثم تزاد سرعته تدريجياً حتى تصل السرعة إلى 3600 دورة في الدقيقة ، حتى يتوقف انسياب المحلول من الجهاز ، ثم يوقف الجهاز ، وتوضع 200ملم من المحلول ، وتعاد التجربة عدة مرات حتى يصبح السائل الخارج من الجهاز مثل لون القش الفاتح) يكون السائل نظيفاً . (
يفتح الجهاز ، وترفع ورقة الترشيح ، وتجفف في الهواء ، ثم توضع في فرن تجفيف درجة حرارته 100مْ وتعاد المواد العالقة بورقة الترشيح إلى الركام في الإناء .
توضع محتويات الإناء في الصينية ، وتجفف بحمام بخاري ، ثم توضع بالفرن أو على اللوحة الساخنة في درجة حرارة 110مْ ± 5مْ حتى ثبات الوزن ، ويكون وزن الركام بعد استخلاص الأزفلت (و3) يساوي وزن الركام في الصينية + الزيادة في وزن ورقة الترشيح .
يتم تسجيل حجم المحلول الذي تجمع في المخبار المدرج بعد تحريكه بشكل كافٍ ، و ليكن (ح2) ثم يؤخذ منه 100ملم إلى بوتقة الحرق بعد أن يتم تحديد وزنها فارغاً ، وتجفف المحتويات في البوتقة على لوحة معدنية ويحرق الباقي على درجة 500 – 600 مْ . ثم تبرد وتوزن ويضاف 5 ملم من محلول كربونات الأمونيوم المشبع لكل جرام من الرماد ، ويترك ليذوب لمدة ساعة في درجة حرارة الغرفة ، ثم يجفف في درجة حرارة 100مْ حتى ثبات الوزن ، ثم يبرد ويحسب وزن الرماد وتحسب كتلة المواد الصلبة في الخلاصة (و4) كما يلي :

$$\text{(و4) (جم)} = \text{وزن الرماد} \times \frac{\text{ح1}}{\text{ح1-ح2}}$$

6.

حيث:
ح1 = حجم المحلول الكلي.
ح2 = حجم المحلول بعد أخذ العينة ، أي أن ح1 – ح2 هي الحجم الذي تم أخذه .
الحسابات

و1 – و2 – (و3 + و4)

تحسب نسبة الأزفلت في العينة) ٪ = (ــــــــــــــــــــــــ

و1 – و2

7.

حيث:
و1 = وزن عينة الخلطة المستعملة للفحص .
و2 = وزن الماء في العينة .
و3 = وزن الركام في إناء جهاز الاستخلاص + الزيادة في وزن ورقة الترشيح .
و4 = وزن المواد الصلبة في المحلول (والتي تم حسابها أعلاه . (

3-2-7 الطريقة القياسية لتحديد الوزن النوعي لعينات خلطة أزفلتية مدموكة باستعمال العينات المشبعة المجففة السطوح من الخارج.

المواصفات الفنية (AASHTO T-166-78 , ASTM D 2726) :

1. **مقدمة**

1. يتم في هذه الطريقة تحديد الوزن النوعي لعينات خلطة أزفلتية مدموكة في المختبر أو عينات مأخوذة من الموقع بعد الرصف . ويتم تحديد الوزن النوعي لعينات المختبر وكذلك حساب نسبة الفراغات الهوائية وفراغات الحصى . (VMA) وهذه العينات يتم تحضيرها كما هو مذكور في تجربة مارشال (أما العينات المأخوذة من الموقع فيتم تحديد الوزن النوعي لها كما يتم تحديد كفاءة الدمك في الموقع وذلك بإيجاد نسبة الدمك لعينات الرصف . (
2. تستخدم هذه الطريقة لتحديد الوزن النوعي لعينات خلطة أزفلتية مدموكة مسامية أو ذات مسامات متصلة (فراغات) وذلك بوزنها في الهواء ثم وزنها في الماء عند درجة حرارة 25مْ وتحديد حجمها .

2. **الجهاز :**

-ميزان مزود بوسيلة لتعليق العينة وغمرها في حوض ماء حيث يحدد وزنها وهي في الهواء ووزنها وهي مغمورة بالماء .
-حمام ماء لغمر العينات مع وجود وسيلة تصريف لكي ينسكب الماء الزائد عند غمر العينات حتى يكون ارتفاع الماء ثابتاً .

3. **العينات**

-كما ذكر فالعينات إما أن تكون محضرة لاختبار مارشال أو عينات مأخوذة من الرصف على شرط أن يكون قطر العينة أربعة أضعاف أقصى مقاس لحبيبات الحصى ، ولا يقل سمكها عن 1.5× أقصى مقاس للحبيبات ، ويجب أن تكون العينات غير مشوهة ولا تحتوي على مواد غريبة مثل بقايا من طبقة أزفلت لاصقة أو تراب ، وإذا كانت العينة تحتوي على طبقات سطحية وطبقات أساس فيمكن فصل الطبقات المختلفة بواسطة المنشار .

4. **الطريقة :**

هناك عدة طرق لتحديد الوزن النوعي لعينات الأزفلت المدموكة وسيتم هنا توضيح طريقتين - :

1. **الطريقة الأولى - :**

1. إذا كانت العينات تحوي ماء يتم غمرها في حمام مائي عند درجة حرارة 25مْ لمدة 3-5 دقائق ثم توزن وهي مغمورة بالماء وليكن الوزن (ج) ، وإذا اختلفت حرارة العينة عن حرارة الحمام بأكثر من 2 مْ تبقى مغمورة بالماء لمدة 10-15 دقيقة قبل الوزن . تخرج العينة من الماء ويعاد وزنها وتمسح بقطعة قماش لتجفيف سطحها الخارجي ويتم وزنها في الهواء وليكن (ب) ، ثم تجفف العينة في فرن درجة حرارته 110 مْ تقريباً لمدة 15 – 24 ثم تبرد وتوزن وليكن وزنها (أ .(
2. إذا كانت العينات جافة كتلك التي تحضر لتجربة مارشال توزن أولاً في الهواء بعد أن تكون قد بقيت ساعة في الهواء ، وليكن الوزن (A) ، ثم تغمر في ماء درجة حرارته 25مْ لمدة 3 – 5 دقائق ، ثم توزن وهي مغمورة بالماء ، ليكن وزنها (C) وتخرج من الحمام وتمسح بقطعة قماش وتوزن و ليكن وزنها.(B)

-1يمكن حساب الوزن النوعي كالآتي:

الوزن النوعي للعينة(A/(C - B) =
حيث:
= Aوزن العينة الجافة في الهواء
= Bوزن العينة ذات السطح الجاف
= Cوزن العينة في الماء

نسبة الفراغات الهوائية ٪ = الوزن النوعي النظري الأقصى – الوزن النوعي للعينة

الوزن النوعي النظري الأقصى

2. **الطريقـة الثانيـة - :**

عينة مغلفة بالبرافين (Paraffin Coated Specimen)

1. يتم تـحديد وزن العينة الجافة وليكن . (A) وذلك بعد تجفيفها في درجة حرارة 560م ± 55م وتركها في الهواء لمدة ساعتين .
2. يتم تغليف جميع أسطح العينة المغلفة والتأكد من تغطية جميع المسامات بها بالبرافين المذاب ، ثم تترك العينة لتبرد في الهواء في درجة حرارة الغرفة لمدة 30 ثانية ، ثم يتم وزنها وليكن . (D)
3. يتم وزن العينة المغلفة في ماء درجة حرارته 25 ± 51م ، وليكن وزن العينة . (E)
4. يتم تحديد الوزن النوعي للبرافين (Specific Gravity of Paraffin) عند درجة حرارة 525 ± 51م ، وليكن . (F)
5. **الحسابات**

$$\text{الوزن النوعي للعينـة} = \frac{A}{(D - E) - \frac{(D - A)}{F}}$$

حيث :
= Aوزن العينـة الجافة في الهـواء (جم . (
= Dوزن العينة الجافة بالإضافة للبرافين في الهواء (جم . (
= Eوزن العينة الجافة بالإضافة للبرافين في الماء (جم . (
= Fالوزن النوعي للبرافين عند درجة حرارة51 ± 25 م .
يتم تصحيح الوزن النـوعي إذا كـانت درجة حرارة الحمـام المـائي تختلف اختـلافاً كبيراً عن 525م (انظر المواصفة , (ASTM D 2726 وذلك حسب المعادلة التالية:

$$R = \Delta t * KS * (B - C)$$

حيث :
= Rالتصحيح(Correction)
= Δtالفرق بين درجة حرارة25 مْ ودرجة حرارة الحمام
= KSمعامل التمدد الحراري التكعيبـي المتوسط للخرسانة البيتومينية
(Avarage Coefficient of Cubical Thermal Expansion of Bituminous Concrete = 6*10-5 ml/ml/ºc)

6. **التقرير**

يتضمن التقرير الوزن النوعي عند درجة حرارة 25مْ ، ونوع الخلطة ، ونوع العينة ومصدرها ، وحجـم العينة .

4-2-7الطريقة القياسية لتحديد الوزن النوعي الأقصى النظري للخلطات الأزفلتية لعينة غير مدموكة

المواصفات الفنية (ASTM D 2041 - AASHTO T 209):

1. **المقدمة**

-تحدد هذه الطريقة الوزن النوعي النظري الأقصى لعينات الخلطة الأزفلتية الغير مدموكة والذي يستخدم في

حساب نسبة الفراغات الهوائية للخلطات الأزفلتية ونسبة امتصاص الأزفلت .

2. **الجهاز**

1. دورق زجاجي أو معدني سعته على الأقل 1000مللتر ، ويجب أن يكون قوياً لتحمل شفط الهواء وله غطاء , ويثبت به خرطوم مع منخل معدني يغطي فتحة الخرطوم حتى يمنع نفاذ المواد الناعمة أثناء تفريغ الهواء .

2. ميزان حساس لحساب الوزن النوعي للعينة لأربعة أرقام (أي ثلاثة أرقام عشرية) ويزود الميزان بوسيلة لتعليق العينة به .

3. مضخة تفريغ الهواء مع أداة لقياس الضغط (ضغط الهواء أقل من أو يساوي30 ملم زئبق . (

4. حمام ماء . في حالة استخدام الإناء يكون الحمام المائي مناسباً لغمر الإناء ويعمل الجهاز على تعليق الإناء من مركز كفة الميزان ، وفي حالة استخدام القارورة يكون من المناسب استخدام حمام مائي ذي درجة حرارة ثابتــة .

3. **معايرة الدورق**

تتم معايرة الدورق بقياس وزن الماء بدقة في درجة حرارة 25 مْ ± 0.5مْ ، وعادة يتم التأكد من ملء الدورق كاملاً بالماء دون وجود أي فقاعات هواء ، وذلك باستخدام غطاء زجاجي يوضع على فتحة الدورق ، ويظهر هذا الغطاء أي فقاعات هوائية موجودة .

4. **العينات**

يتم تحضر العينات بفصل جزيئات الخلطة ، ولكن بدون تكسير لحبيبات الحصى بحيث لا يزيد مقاس حبيبات الحصى الناعمة عن 6.4ملم . وإذا كانت الخلطة ليست لينة يمكن فصل جزيئاتها يدوياً فإنها توضع في فرن حتى يمكن فصلها بسهولة ، ويكون وزنها حسب المقاس الاسمي الأكبر للركام كما يوضح الجــدول التالي.

أقل وزن للعينة)كجم (	المقاس الاسمي الأكبر للركام	
	)ملم (	)بوصة (
2.5	25	1
2.00	19	4/3
1.5	12.5	2/1
1.00	9.5	3
0.500	4.75	رقم 4

5. **الطريقة**

1. تفصل حبيبات العينة مع مراعاة عدم تحطيم الحبيبات الحصوية بحيث لا تزيد حبيبات الجزء الناعم من الركام عن 1/4 بوصة (6.4مم) . وما لم تكن الخلطة طرية بالقدر الذي يسمح بالفصل اليدوي للحبيبات فتوضع في كفة مسطحة كبيرة وتسخن داخل الفرن حتى القدر الذي يمكن عنده فصل العينة فقط .

2. تبرد العينة إلى درجة حرارة الغرفة وتوضع في القارورة أو الإناء ثم توزن وتسمى الكتلة الخالصة للعينة (أ) ، يضاف ماء كافٍ عند درجة حرارة 525م (577ف (تقريباً لتغطية العينة .

3. يزال الهواء المحبوس بتعويض المكونات لتفريغ جزئي (ضغط الهواء أقل من 30 مم زئبق) لمدة 15 ± 2 دقيقة ، ويرج الوعاء والمكونات إما باستمرار هزه بواسطة هزاز ميكانيكي أو يدوياً بهزها هزاً شديداً على فترات تبلغ حوالي دقيقتين .
يمكن تحرير الهواء المحبوس بإضافة عامل ترطيب مناسب مثل الأيروسول (OT) بنسبة تركيز 0.01 ٪ أو 1 ملليلتر من 10٪ محلول في 1000 ملليلتر من الماء .

4. التحديد بالإناء : يغلق الإناء والمكونات في الماء عند 25 ± 51م (51.877 ± ف) وتوزن بعد غمرها لمدة 10 ± 1 دقائق ، وتسمى الكتلة الخالصة للعينة في الماء) جـ . (

5. التحديد بالقارورة : تملأ القارورة بالماء وترفع درجة حرارة المكونات حتى 25 ± 50.5م
51 ± 77)ف) في حمام مائي درجة حرارته ثابتة ، ويحدد بعدئذ وزن القارورة مملوءة

بالمحتويات بعد 10 ± 1 دقيقة من الانتهاء من البند 5-3 .

6. **الحسابات :**

1. يحسب الوزن النوعي للعينة كما يلي :

1. في حالة التحديد بالإناء :

الوزن النوعي = أ / (أ – جـ(

حيث :

أ = كتلة العينة الجافة في الهواء (جم . (

جـ= كتلة العينة في الماء) جم . (

2. في حالة التحديد بالقارورة :

الوزن النوعي = أ / (أ + د - هـ. (

حيث :

أ = كتلة العينة الجافة في الهواء (جم . (

د = كتلة القارورة الممتلئة بالماء عند 525م (577ف) (جم . (

هـ- كتلة القارورة الممتلئة بالماء والعينة عند درجة 525م (577ف) (جم .)

5-2-7 تصميم الخلطات الأزفلتية باستخدام جهاز مارشال.

المواصفات الفنية(AASHTO T 245-78)

1. **المقدمة .**

تحدد هذه الطريقة تصميم الخلطات الأزفلتية في المختبر باستخدام طريقة مارشال . والهدف الرئيسي لتصميم الخلطة هو إيجاد خليط اقتصادي من المواد ذو تدرج ، ونسبة أزفلت تعطي الخليط الخواص الآتية :

أ - نسبة الأزفلت كافية لضمان الديمومة والمرونة في الخلطة .

ب- قوة كافية لمقاومة الانسياب توفي بمتطلبات المرور بدون حدوث أي تشوهات .

ج – فراغات هوائية كافية في الخليط الكلي المدموك تسمح باستيعاب الأزفلت وإبقاء جزء من الفراغات مملوءة بالهواء حتى إذا دمكت الخلطة تحت تأثير السير تحرك الأزفلت إلى الفراغات الهوائية الباقية ، وإذا لم تتوفر الفراغات ينزف الأزفلت ويصعد للسطح , أما إذا كانت الفراغات الهوائية كثيرة فتصبح الخلطة مسامية ويدخلها الهواء والماء ويتسببان في تخريبها .

د – القابلية لسهولة التعامل معه .

2. **الأجهزة .**

1. قوالب أسطوانية قطرها 101.6ملم وارتفاعها 76.2ملم مع قاعدة متحركة وحلقة إضافية لها نفس قطر القالب ، وتوضع فوق القالب لزيادة ارتفاعها وليستوعب الخلطة قبل الدمك .

2. جهاز لإخراج العينة من القالب وهو على شكل قرص قطره 100ملم وسمكه 13ملم .

3. مطرقة مؤلفة من قرص معدني دائري منبسط مثبت في وسطه عمود حديدي وتنزلق على العمود حلقة وزنها 4536جم تسقط من ارتفاع 457.2ملم .

4. قاعدة دمك خشبية أبعادها 203.2 × 203.2 × 457.2 ملم مغطاة بلوحة معدنية بأبعاد 304.8 × 304.8 × 25.4 ملم ، وتكون القاعدة من خشب زان ، ومثبتة على أرضية خرسانية بزوايا حديدية ، ويكون الغطاء المعدني ثابتاً على القاعدة الخشبية ، ويجب أن تكون مستوية وقطعة الخشب رأسية على الشاقول .

5. أداة لمسك القالب والحلقة والقاعدة وتثبيتهما أثناء الدمك .

6. رأس الكسر (Breaking Head) مؤلفة من قطعتين معدنيتين عليا وسفلى للعينة ، وكل واحدة على شكل نصف أسطوانة نصف قطرها 50.8ملم ، ترتكز القطعة السفلية على قاعدة مستوية ويبرز منها عند رؤوس الشكل الأسطواني قضيبان حديديان رأسيان . وعند وضع القطعة العليا من رأس الكسر فوق السفلى يدخل القضيبان العموديان في الحلقتين الموجودتين في القطعة العليا .

7. رافعة تحميل – مثبتة على إطار معدني ومتحركة إلى أعلى حركة منتظمة تبلغ عند التشغيل 50.8ملم / الدقيقة .

8. حلقة قياس قوة الضغط (Proving Ring) بقدرة 2276كجم مثبت في وسطها مؤشر قياس يعطي أرقام تحول فيما بعد إلى قوة حسب نوع الحلقة حيث يجب عمل معايرة لها لتحديد دقتها .

9. جهاز لقياس الانسياب أو الحركة الرأسية أثناء الضغط موصول بعداد ينـزلق في داخل أحد القضبان الرأسية المثبتة في رأس الكسر ، وعادة يصفّر هذا العداد عندما تكون العينة الأزفلتية بـين فكـي رأس الكـسر ، ويجب أن تكـون دقة هذا العداد هي0.25 ملم (0.01 بوصة) لكل تقسيم من تقاسيم العداد .

10. أفران أو لوحات ساخنة من أجل تسخين الركام والأزفلت والقوالب والمطرقة وأية أدوات تستعمل في الخلط ، ويجب أن يتم التحكم بوسائل التسخين حتى تبقى درجة الحرارة حسب المطلوب .

11. خلاطة ميكانيكية قادرة على خلط المواد بشكل منتظم وبشكل تصبح معه كل حبات المواد مغلفة بالبيتومين .

12. حمام مائي عمقه 150ملم وبه جهاز للتحكم في درجة الحرارة لإبقائها عنـد 1 ±60 مْ ، ويزود الحمام برف به ثقوب يرتفع عن قاعدة الحمام مقدار 50.8ملم .

13. حـمام هوائي من أجـل استعمالـه لمخلـوط الأزفلت المحلول , Asphalt Cut Back ويعطي حرارة مقدارها 25±1مْ .

14. أدوات متفرقة مثل أوعية لتسخين الركام وأوعية لتسخين الأزفلت ، ومقلاة ، ودورق ، وعلب ، وأدوات خلط مثل المسطرين والسكين ، وموازين حرارة لتحديد حرارة الركام والأزفلت ، والخلطة تتراوح قدراتها من 9.9– 204مْ وموازين عادية وأخرى دقيقة ، وقفازات وطباشير وملعقة ومغرفة .

3. **تحضير العينات .**

1. تحضر (3) عينات لكل نسبة من نسب الأزفلت (تمثل محاولة واحدة . (

2. يجفف الركام في درجة حرارة (105 – 110مْ) حتى ثبات الوزن ، ثم يفصل الركام بعد تبريده على المناخل 25، 19 ، 9.5 ، 4.75 ، 2.36 ، 1.18 ملم .

3. تحدد درجة الحرارة اللازمة لتسخين الأزفلت للخلط بأنـها التي تجعـل لزوجة الأزفلت 170±20 سنتي ستوك (CST) أما الحرارة اللازمة للدمك فهي التي تكون فيها اللزوجة مقدارها 280±30 سنتي ستوك . (CST)

4. يتم اختيار الوزن من كل مقاس من المقاسات المفصولة حسب نسبة هذا المقاس من الوزن الكلي و بحيث يكون الوزن الكلي للركام للعينة الواحدة مايقارب 1200جم بحيث يعطي هذا الوزن بعد خلطه بالأزفلت ودمكه عينة ارتفاعها 63.5± 1.27ملم وقطرها101.6 ملم . وتحضر 3 عينات من هذا الوزن لكل نسبة أزفلت ، فإذا كان هنـاك أربع نسب من الأزفلت فإنه يتم تحضير 12 عينة .

5. تسخن عينـات الركام في الفرن لدرجة حرارة لا تزيد عما حدد في الفقرة 3-3 بأكثر من 528م ، و 525م للأزفلت الأسمنتي والمحلول على التوالي .

6. يوضع الركام الساخن في الخلاطة ويخلط جيداً ، ثم تحفر حفرة في الركام ويضاف الأزفلت الساخن بالكمية المحددة ، وتخلط المكونات حتى تصبح جميع الحبيبات مغلفة بالأزفلت .

7. توضع الخلطة الحاوية للأزفلت المحلول في فرن درجة حرارته 11.1مْ أعلى من حرارة الدمك المحددة في الفقرة 3-3 بمدة كافية لتفقد العينة حوالي 50٪ من المواد المتطايرة ، ويمكن التحريك لتسهيل التبخر ، ويحسب وزن العينات على فترات كل 15 دقيقة ثم كل 10 دقائق حتى يصبح الفقدان للمواد المتطايرة 50 ٪ .

4. **دمك العينات**

ينظف القالب ومطرقة الدمك ثم يسخنان إما في ماء مغلي أو لوحة معدنية ساخنة في درجة حرارة 93.3 – 148.9مْ ، وتوضع العينة في القالب وتدمك بالسكين 15 مرة حول محيط القالب و 10 مرات في القالب داخل الحلقة ، وترفع الحلقة ويجعل سطح العينة على شكل كروي ، ثم تعاد الحلقة ويوضع القالب على القاعدة الخشبية وتدمك العينة 75 أو 50 ضربة (حسب نوع المرور لطبقة الرصف) من المطرقة التي تسقط من ارتفاع 457.2ملم ، على أن يكون محور المطرقة عمودياً قدر الإمكان على مستوى القاعدة ، ثم يقلب القالب والعينة ويعاد الدمك بنفس عدد الضربات . إذا كانت عينات الخلطة الأزفلتية ممثلة لعينة مأخوذة من الموقع تكون درجة حرارة الخلطة عند الدمك 5135 م . ويرفع القالب ويوضع فوق الحلقة ويطرق طرقاً خفيفاً جداً يكفي لإخراج العينة في الحلقة ، ثم ترفع الحلقة من العينة وتوضع العينة على أرضية صلبة مستوية لمدة ليلة ثم توزن وتقاس أبعادها .

5. **طريقة الفحص**

1. تغمر العينات التي تـم دمكهـا وبردت وتم اختبـار كثافتها في حمام مائي لمدة 30 – 40دقيقة عند درجة حرارة 60 ± 1 مْ وعند درجة حرارة 37.8 ± 51م للأزفلت المحلول .

2. ينظف رأس الكسر والقضبان ويشحن القضيبان على القضبان حتى تنزلق في الجزء العلوي بسهولة وتكون درجة حرارة رأس الكسر 21.1 – 37.8 وذلك بغمره في حمام مائي .

3. تخرج العينة من الحمام وتوضع في الجزء السفلي من رأس الكسر ويوضع الجزء العلوي فوق العينة ويوضع الجميع على جهاز الكسر ، ثم يوضع جهاز قياس الانسياب على أحد القضيبين ويضبط على الصفر ويثبت جهاز القياس جيداً أثناء الاختبار .

4. يشغل المحرك (آلياً أو يدوياً) بسرعة ثابتة مقدارها 50.8ملم لكل دقيقة حتى يصل المؤشر (قراءة العداد الخاص (Proving Ring إلى أقصى قراءة ويبدأ بالرجوع . اقرأ مقياس الضغط وحول القراءات إلى وحدات الضغط وسجل قراءة الانسياب حالما يصل الحمل إلى الحد الأقصى ويبدأ بالرجوع ، يجب ألا يستغرق الاختبار أكثر من 30 ثانية من لحظة وضع العينة في رأس الكسر حتى النهاية ، ويسجل الانسياب حسب العداد 0.01ملم أو 0.254 .

5. إذا تم الفحص على عينات يختلف ارتفاعها عن 63.5ملم تضرب القراءة في معامل التصحيح كما هو مذكورة في الجدول رقم (15. (

حجم العينة)سم3(	سمك (ارتفاع) العينة)مم (	معامل التصحيح
213 - 200	25.4	5.56
225 - 214	27.0	5.00
237 - 226	28.6	4.55
250 - 238	30.2	4.17
264 - 251	31.8	3.85
276 - 265	33.3	3.57
289 – 277	34.9	3.33
301 - 290	36.5	3.03
316 - 302	38.1	2.78
328 - 317	39.7	2.50
340 - 329	41.3	2.27
353 - 341	42.9	2.08
367 - 354	44.4	1.92

1.79	46.0	379 - 368
1.67	47.6	392 – 380
1.56	49.2	405 - 393
1.47	50.8	420 - 406
1.39	52.4	431 - 421
1.32	54.0	443 – 432
1.25	55.6	456 – 444
1.19	57.2	470 – 457
1.14	58.7	482 – 471
1.09	60.3	495 – 483
1.04	61.9	508 – 496
1.00	63.5	522 - 509
0.96	6 4.0	535 – 523
0.93	65.1	546 – 536
0.89	66.7	559 – 547
0.86	68.3	573 – 560
0.83	71.4	585 – 574
0.81	73.0	598 – 586
0.78	74.6	610 – 599
0.76	76.2	625 - 611

6. **جدول رقم (15) يوضح معاملات التصحيح حسب ارتفاع العينة**

7. **الحسابات**

1. يتم حساب كثافة العينات باستخدام الطريقة القياسية لعينات خلطة أزفلتية مدموكة كما تم ذكره سابقاً في المواصفة ASTM D 2725) AASHTO T- 166)-، ويتم حساب معدل الكثافة لكل ثلاث عينات على نسبة الأزفلت الواحدة ثم نرسم الشكل الذي يبين العلاقة بين نسبة الأزفلت (على محور السينات) والكثافة المقابلة لها (على محور الصادات . (

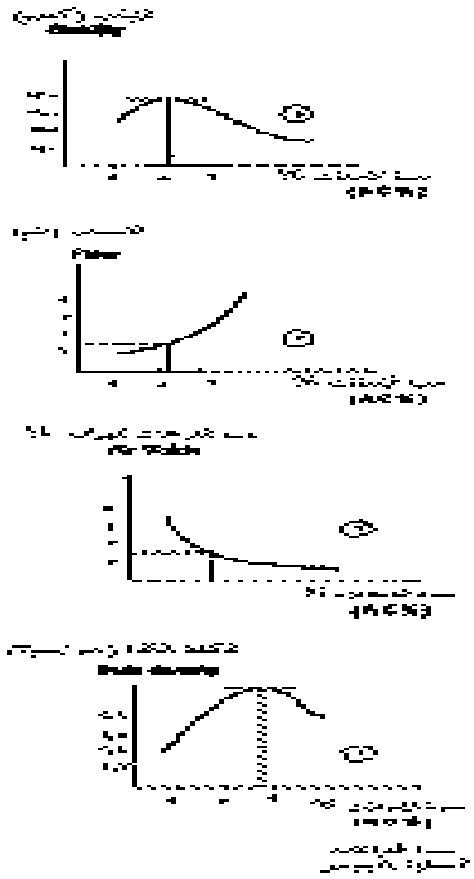
2. يتم إجراء الحسابات الخاصة بالفراغات في الركام والفراغات الهوائية ، ويتم عمل أشكال تبين العلاقة بين نسبة الأزفلت (محور السينات) والفراغات الهوائية) ٪ (والفراغات في الركام المملوءة بالأزفلت) ٪ . (

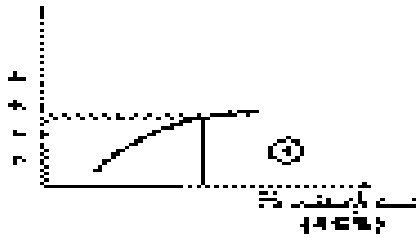
3. ترسم العلاقة بين نسبة الأزفلت ومعدل القوة (ثبات مارشال) (ثلاث عينات) ، ويرسم شكلاً يبين العلاقة بين نسبة الأزفلت ومعدل الانسياب (ثلاثة عينات . (

4. يتم تحديد نسبة الأزفلت التي تحقق أعلى كثافة وأعلى ثبات (قوة (وفراغات هوائية عند منتصف المواصفات . أي إذا كانت المواصفات للفراغات الهوائية3-5 ٪ تكون النقطة التي يتم تحديد نسبة الأزفلت عندها لشكل الفراغات الهوائية هي 4 ٪ .
ثم يوجد معدل هذه القراءات الثلاثة لنسب الأزفلت ويدقق إذا كانت هذه النسبة)معدلها) تحقق شروط الانسياب المطلوبة والفراغات المعدنية المطلوبة . وإذا لم تحقق الشروط فيعدل في اختيار هذه النسبة بالزيادة أو النقصان حتى الوصول إلى النسبة التي تحقق الشروط المطلوبة . انظر شكل رقم (17 . (

8. **التقرير**

يتضمن التقرير نوع العينة والقوى المصححة والانسياب كمعدل لثلاث عينات لكل نسبة أزفلت ، ويتم رسم العلاقات البيانية السابقة , ويتضمن التقرير درجة حرارة الاختبار ونوع العينة (مختبر أو من الموقع (

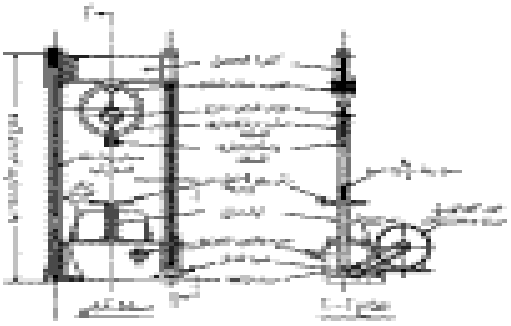




شكل رقم (17) تحديد نسبة الأزفلت المثلى

نسبة الأزفلت المثلى = $\frac{1 + 2 + 3 + 4}{5} + 5$ = 000٪

5



مارشال شكل رقم (18) جهاز

باستعمال جهاز مارشال اختبار مقاومة انسياب اللدونة للخلطات البيتومينية

رقم العينة	**وصف العينة**	**المشروع**
تاريخ الاختبار	**تاريخ أخذ العينة**	**الموقع**
القائم بالاختبار	**أخذ العينة**	**المقاول**

م	**البيـــان**	
1	نسبة الأزفلت من كامل الخلطة ٪	
2	رقم العينـة	
3	الوز	

	ن الجاف في الهواء ((جرام		
4	الوز ن في الماء ((جرام		
5	وزن العينة مشبعة في الهواء جافة السطح (((جرام		
6	الحج م (سم 3)		
7	الكثا فة الظاهرية للخلطة جم / سم3		
8	متو سط الكثافة الظاهرية للخلطة (جرام / (سم3		
9	وزن العينة سائبة ((جرام		
	10	وزن الماء + (الدورق (جرام	
	11	وزن العينـة + الدورق + الماء ((جرام	
	12	الكثافة القصوى للخلطة المرصوفة ((جرام / سم3	
	13	متوسط الكثافة	

	القصوى (جرام / سم 3)	
14	الفراغات الهوائية في الخلطة ٪	
15	الفراغات في الحصى ٪	
16	الفراغات المملوءة بالبيتومين ٪	
17	الوزن النوعي الفعال للحصى جرام / سم3	
18	نسبة الأزفلت الممتص بالحصى ٪	
19	نسبة الأزفلت الفعالة بالخلطة ٪	
20	(الثبـات (كجم	
21	معامل التصحيح	
22	الثبات بعد (التصحيح (كجم	
23	متوسط الثبات بعد (30 دقيقة (كجم	
24	الثبات بعد 24 (ساعة (كجم	
25	متوسط الثبات بعد (24 ساعة (كجم	
26	فاقـد الثبـات ٪	
27	(الانسياب (ملـم	
28	متوسط الانسياب ((ملم	
29	الوزن النوعي للأزفلت (جم / سم3)	
30	نسبة الحصى من كامل الخلطة ٪	
31	الوزن النوعي الكلي للحصى جم / سم3	
32	إجمالي الخلطة السائبة من كامل الخلطة	

مهندس المقــاول
مدير إدارة المـواد المـواد

8 - الطريقة الحديثة لتصميم الخلطة الأزفلتية

Superpave asphalt mix Design procedures

تستخدم معظم هيئات الطرق طريقة مارشال لتصميم الخلطات الأزفلتية ، ومن أهم عوامل قوة طريقة مارشال توجيه العناية لكثافة المخلوط ونسب الفراغات داخل المخلوط الأزفلتي كما أن المعدات المطلوبة نسبياً غير باهظة الثمن وسهلة النقل . ويعتقد العديد من مهندسي الطرق أن الدمك بالصدم (Impact Compaction) المستخدم في طريقة مارشال لا يحاكي الدمك الذي يحدث للخلطة الأزفلتية في الطبيعة.
وتعتمد الطريقة الحديثة لتصميم الخلطة الأزفلتية (Superpave) على الدمك المعملي واختبارات الخواص الميكانيكية للخلطة الأزفلتية لتوقع الأداء المستقبلي للخلطة التصميمية.
ويأتي مصطلح (Superpave) من اختصار عبارة superior performing asphalt pavement .
ولقد ابتكرت هذه الطريقة من خلال برنامج بحثي أمريكي يطلق عليه اسم شارب (SHRP) . كما ابتكر عدد من الاختبارات المعملية لتوقع الأداء . ومخرجات هذه الاختبارات (النتائج) تؤدي إلى عمل توقع لأداء الرصف في الطبيعة أو بعبارة أخرى نماذج (Models) .
وتسمح خطوات التجارب وتوقع الأداء النهائي للمهندس بتقدير أداء الرصف بدلالة أحمال المحاور المكافئة (ESALs) أو الوقت اللازم للوصول إلى درجة تخدد معين (Rutting Level) أو شروخ كلال أو شروخ انكماش . هذا النظام الخاص بالخليط المتكامل والتحليل الإنشائي يتيح للمصمم تقويم ومقارنة التكاليف المرتبطة باستعمال مواد مختلفة وخلطات مختلفة.
وفي هذه الطريقة تم ابتكار آلتين جديدتين للاختبارات هما :
الأولى تسمى tester superpave shear (SST) والثانية تسمى Tester (ITT Indirect Tensile)
ويجرى بهاتين الآلتين مجموعة من الاختبارات التي تعطي مؤشراً مباشراً لسلوك الخلطة الأزفلتية أو تنتج مدخلات لنماذج توقع أداء الخلطة الأزفلتية مستقبلاً.

شكل رقم (19) يمثل مبدأ عمل الطريقة الحديثة لتصميم الخلطة الأزفلتية (Superpave)

شكل رقم (20) يمثل تجارب الطريقة الحديثة لتصميم الخلطة الأزفلتيـة

RV] = Rotational Viscometer]
Rheometer DSR] = Dynamic Shear]
DTT] = Direct Tension Tester]
Rheometer BBR] = Bending Beam]

أولاً : الاختبارات التي تجرى على الأزفلت

1-8 مقياس اللزوجة الدوراني (Rotational Viscometer (RV

المواصفة الفنية :AASHTO PP-6
يستخدم هذا الاختبار لتقويم القابلية للتشغيل (Workability) للخلطات الأزفلتية الساخنة وتقاس القابلية للتشغيل للتأكد من أن الأزفلت سائل لدرجة كافية عند الضخ والخلط . وتقاس اللزوجة الدورانية بواسطة قياس العزم المطلوب للحصول على سرعة دورانية ثابتة للأسطوانة الدوارة , ويستخدم في هذا للاختبار جهاز مزود بالوظائف والقدرات التـاليـة : -

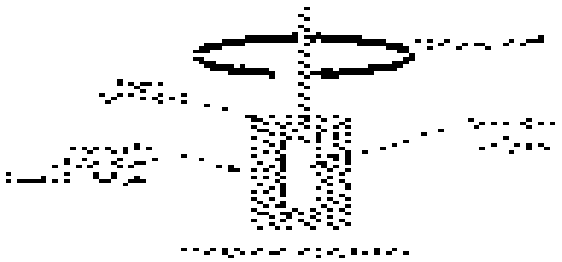
1. وحدة معالجة حاسبية مبينة داخل الجهاز لتخزين بيانات الفحص والتحليل .
2. برنامج مبني داخل الجهاز بالإضافة إلى شاشة لعرض البيـانات .
3. نظام مراقبة وسيطرة على درجة حرارة العينة الأزفلتيـة .

كما أن هنـاك بعض المواصفات التي يجب توافرهـا مثل : -

1. أن يكون مدى قياس اللزوجة بين 3 إلى 600 ملي باسكال في الثانيـة .
2. مدى السرعة بين (0 – 250 دورة في الدقيقة) وبزيادة مرحلية تساوي 1.0 .

3. تكون الدقة حوالي 1٪ من مدى الاستخدام .
4. مدى منظم حرارة العينة يكون 5300م حسب درجة الحرارة المحيطة وبدقة ± 5٪ من نقطة البدء .
5. حجم غرفة العينة من 8 – 13 ملليلتر .
6. يجب أن تحتوي غرفة تنظيم الحرارة على :
أ – أدوات للصف .
ب – أدوات لاستخلاص العينة و أدوات لتبريدها .
جـ – مثبت لغرفة العينة مع غطاء عازل للغرفة.
و – مسمار ووردة لربط عمود الدوران .

يجب أن يتوفر في هذه التجربة برنامج للحاسب الآلي يقوم بالسيطرة على جهاز قياس اللزوجة الدوراني ومنظمات الحرارة وجمع وتخزين بيانات الاختبار مع عمل للتحليل اللازم لها .



شكل رقم (21) مقياس اللزوجة الدوراني

2-8 ريومتر القص الحركي الديناميكي (DSR Dynamic Shear Rheometer)

المواصفات الفنية : (AASHTO TP5)

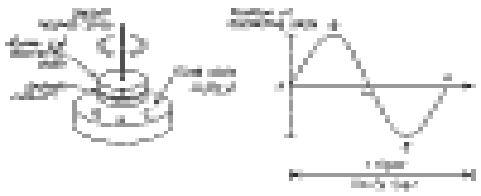
الأجهزة المستخدمة :

1. جهاز القص الديناميكي .
2. غرفة لضبط بيئة الفحص .
3. حاسب آلي وبرنامج .

مقدمة

يستخدم جهاز القص الديناميكي لأغراض المواصفات وهو يقيس معامل التركيب وزاوية المرحلة للمواد الأزفلتية الرابطة عند درجة حرارة متوسطة وعليا لطبقات الأزفلت المستخدمة بشكل متكرر يصل إلى 10 راديان في الثانية الواحدة .
وبالإضافة إلى قياس معامل التركيب وزاوية المرحلة عند تكرار واحد ، فإنه يمكن استعمال جهاز القص الديناميكي لقياس تلكما الخاصيتين عند مدى مختلف من الترددات لتحديد تأثير الوقت على المواد الأزفلتية الرابطة .
يجب أن يعمل جهاز القص الديناميكي حسب مواصفة (AASHTO TP5) ويمكن ضبطه وتشغيله باستخدام حاسب آلي ، وأن يحتوي على مايلي : -

1. أن يعمل بمدى ترددات من 10– 3 إلى 20 هرتز . (أقصى حد 100 راد للثانية) مع فترات تأخير خاصة يمكن اختيارها لكل تردد .
2. أن يكون مزوداً بمحلل إجهاد يصل إلى 50 ميكرو راد .
3. يجب أن يقوم بفحص وتحليل متعاقب عند مدى لترددات تحدد باستخدام لوحة أبعادية ، ومقاييس الإجهادات إلى حد 2٪ من قيمة (G) التي تصل إلى 1 كيلو بسكال .
4. يجب أن تكون الألواح قابلة للنقل والتحريك وأن يتراوح قطرها من 6ملم إلى 40ملم حسب الحاجة . ويجب تأمين مجموعتين ذات قطرين 8 ملم و 25ملم ، للوح القاعدة ولوح القمة على التوالي .



شكل رقم (22) جهاز القص الديناميكي

غرفة ضبط بيئـة الفحص .

1. يجب أن تغلف غرفة ضبط البيئة بكامل عينة الفحص تماماً . كما يجب أن يكون بها نظام ضبط حرارة خاص بها ، وأن يتم ضبط درجة الحرارة بفروق (10 درجة مئوية) ، وأن لا يزيد فرق الحرارة من خلال العينـة عن درجة مئوية واحدة .
2. يجب أن تزود الغرفة بوحدة ضبط للحرارة من 5 إلى 100 درجة مئوية .
3. ويجب أن تزود ببطاقة ضـابط للحرارة مبرمجة ، لتثبيت الحرارة ، والتغيير المرحلي ، والتغيير المتدرج في جميـع أنماط التشغيل .

الحاسب الآلــي .

يجب أن يكون الحاسب الآلي مزوداً ببرنامج تشغيل مصمماً حسب طريقة (AASHTO TP 5) ، وأن يكون قادراً على برمـجة جهاز القص الديناميكي لأداء فحص المسح الترددي (راديان في الثانية) , ومن 1 إلى 100 راديـان في الثانية ، وأداء فحص مسح الإجهاد من صفر (0) إلى 200٪ ، وأداء فحص مسح درجة الـحرارة والتغير المرحلي على مدى كامل من الدرجات الحرارية ، وأن يكون قادراً على تكوين جداول ورسومات بيانية خاصة بالخصائص الانسيابية .
هنالك تجارب أخرى للأزفلت تجرى في البلدان التي تنخفض فيها درجات الحرارة بدرجة كبيرة , وهذه الاختبارات لا تجرى في المملكة لأن درجات الحرارة لا تنخفض فيها بدرجة كبيرة وإن انخفضت فيكون ذلك لفترات قصيرة لا تؤثر على سلوك الأزفلت في الرصف ، ومن هذه الاختبارات :

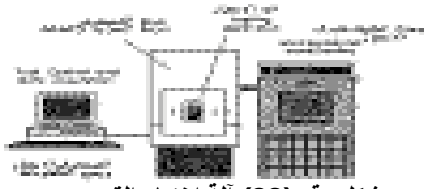
1. ريوميتر الكمرة المنحنية (Bending Beam Rheometer)
2. اختبار الشد المباشر (Direct Tension Test)

ثانيــاً : الاختبارات التي تجرى على الخلطات الأزفلتيـة :

8 – 3 آلة اختبار القص (SST) Superpave Shear Tester)

هذه الآلة عبارة عن دائرة مغلقة رجوعية مع نظام هيدروليكي – سرفوا وتتكون من أربعة أجزاء رئيسية هي وحدة التحكم في الاختبار ، والجزء الخاص بجمع المعلومات ، وآلة الاختبار ، وغرفة التحكم البيئية للاختبار ، والنظام الهيدروليكي .
ويجرى بواسطة هذه الآلة ، ستة اختبارات هي:

1. الاختبار الحجمي Volumetric test
2. اختبار الانفعال وحيد المحور Uniaxial strain test
3. اختبار القص المتكرر عند نسبة ضغط ثابتة
   Stress Ratio Repeatel Shear Test At Constant
4. اختبار القص البسيط عند ارتفاع ثابت Simple shear test at constant height
5. اختبار التحميل التكراري عند ارتفاع ثابت
   height Frequency Sweep test at constant
6. اختبار القص المتكرر عند ارتفاع ثابت heigh Repeated shear test at constant
   (وهو غير مطلوب في ال Superpave)



شكل رقم (23) آلة اختبار القص

8 – 3 – 1 الاختبار الحجمي Volumetric test

تستخدم نتائج هذا الاختبار لتحليل التشكلات المستديمة وشروخ الكلال . ويتم الاختبار في درجات الحرارة التالية:

درجة الحرارة م (5)	الضغط (كيلوباسكال)
4	830
20	690
40	550

8 – 3 - 2 اختبار الانفعال وحيد المحور Uniaxial Strain test

يستخدم هذا الاختبار لتحليل التشكلات المستديمة وشروخ الكلال أيضا مثل الاختبار الحجمي ، وفي هذا الاختبار يتم تطبيق الضغوط المحورية على العينة بينما تحاول العينة زيادة محيطها ، وتستخدم ثلاث مستويات من الضغوط تعتمد على درجات الحرارة ، وتقاس التشكلات المحورية في كلا الجانبين كما يتم قياس الأحمال الرأسية أيضاً.

درجة الحرارة م (5)	الضغط المحوري (كيلوباسكال)
4	655
20	550
40	345

8 – 3 – 3 اختبار القص المتكرر عند نسبة ضغط ثابتة Constant Stress Repeated Shear Test at Ratio

يتم إجراء هذا الاختبار لكل من التحليل الكامل أو الجزئي لتحديد مدى مقاومة الخليط الأزفلتي لحدوث تخدد ثلاثي Tertiary Rutting ، وذلك النوع من التخدد يحدث عند محتوى هوائي قليل مع عدم اتزان الخليط الأزفلتي الكلي . وتعتبر درجة الحرارة المستخدمة في الاختبار عبارة عن درجة حرارة تحكم في التشكل المستديم ، ويتم حسابها على أساس حالة المرور المتوقعة والظروف الجوية للمشروع.

8 – 3 - 4 اختبار القص البسيط عند ارتفاع ثابت Simple Shear test at constant height

يستخدم هذا الاختبار للتحليل المتوسط (Intermediate) والكامل للتشكل المستديم وشروخ الكلال , ويتم التحكم في إجهادات القص التي تطبق على عينة الاختبار وتسبب زيادة في طول العينة. ويتم إجراء هذا الاختبار عند ضغوط ودرجات حرارة مختلفة في كل من التحليل المتوسط والكامل.

نـوع التحليـل	درجة الحرارة م (5)	إجهاد القص (كيلوباسكال)
كـامـل	4	345
	20	105
	40	35
متـوسـط	Teff (PD)	35
	Toff (FC)	105

8 – 3 – 5 اختبار التحميل التكراري عند ارتفاع ثابت constant height Frequency sweep test at

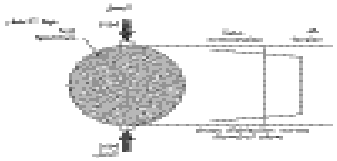
يستخدم هذا الاختبار للتحليل المتوسط والكامل للتشكل المستديم وشروخ الكلال ويتم تطبيق تحميل متكرر على العينة للحصول على أقصى انفعال بمقدار 0.005 ٪ ويتم إجراء حوالي مائة دورة للاختبار عند ترددات مختلفة.
كما يتم إجراء الاختبار عند درجات حرارة مختلفة 4 ، 20 ، 40 درجة مئوية في حالة التحميل الكلي ودرجة حرارة Teff و Toffفي حالة التحميل المتوسط . وخلال إجراء الاختبار يقاس الحمل المحوري والقصي والتشكلات ويتم تسجيلها.

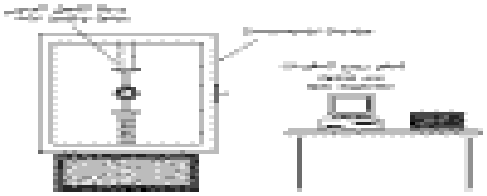
8 – 3 – 6 اختبار القص المتكرر عند ارتفاع ثابت constant heigh Repeated shear test at

وهذا الاختبار غير مطلوب للطريقة الحديثة لتصميم الخلطة الأزفلتية (SUPER PAVE)

8 - 4 اختبار الشد غير المباشر Indirect Tensile test

يقيس هذا الاختبار تأثير الزحف (creep) ومقاومة خليط الأزفلت باستخدام تقنية تحميل العينة بأحمال شد عند درجات الحرارة المتوسطة والمنخفضة (< 20درجة مئوية) ويشمل اختبار الشد تطبيق حمل ضغط عبر قطر العينة الأسطوانية .





9- الفحوصات التي تجرى على البلاط

من أهم الفحوصات التي تجرى على البلاط بأنواعه كالأسمنتي والصيني والسيراميك والتيرازو ما يلي:

1. الفحص بالنظر للبلاط – الفحص البصري .
قبل إجراء أية فحوصات على البلاط يجب التأكد من أن جوانبه وزواياه حادة و متعامدة مع الأسطح ، والتأكد من أن الحواف سليمة وخالية من الشطف والكسر ، والأسطح مستوية وخالية من الانفتال والعيوب مثل التنميل والتقوس والتشقق والتغير والنتوءات ، وأن يكون اللون متجانساً بحيث لا يظهر أي عيب ملحوظ خاصة عندما يسلط الضوء على سطح بلاط السيراميك والبلاط الصيني من على بعد متر ويراعى في بلاط التيرازو انتظام توزيع الحبات .
2. فحص التربيع
يجرى هذا الفحص على كافة أنواع البلاط باستعمال زاوية حديدية ويتم فحص جميع الزوايا ، وفي حالة عدم تطابق ضلعين متجاورين من أضلاع البلاطة مع الزاوية المعدنية يقاس أقصي بعد " فراغ" بين ضلع البلاطة وضلع الزاوية المعدنية المتاخم ، ويقسم على طول ضلع البلاطة ، ويجب ألا يزيد عن 0.5٪ (ظل الزاوية) .
3. استقامة الحواف
تقاس استقامة حواف البلاطة بوضع مسطرة معدنية على طول كل حافة من حواف البلاطة ، ويحدد مقدار التقعر والتحدب بحيث لا يزيد أقصى عمق للتحدب أو التقعر عن ± 0.3 ٪ من طول الحافة .
4. طول حواف وجه البلاط .
يجرى هذا الفحص على كافة أنواع البلاط ، وتقاس أطوال الحواف من جهة الوجه باستعمال أداة قياس دقيقة ، وتقدر الزيادة أو النقص في طول الحافة كنسبة مئوية من الطول الاسمي ويعتمد التفاوت المسموح تبعاً لنوع البلاط وأبعاده .

أ - بلاط السيراميك : يقاس لأقرب 0.1ملم وتقاس الأضلاع الأربعة ويؤخذ معدلها ، ويجب ألا يتعدى التفاوت بالمعدل عن ± 1.5 ملم للأطوال 100ملم وعن ± 3 ملم للأطوال 200ملم .
ب – البلاط الصيني لا يزيد التفاوت في متوسط طول حواف الوجه عن ± 1 ٪ .
ج – بلاط التيرازو والبلاط الأسمنتي لا يتجاوز التفاوت في متوسط طول أضلاع البلاط عن 1 ملم.
هـ - سمك البلاط : يتم قياس البلاط من عدة مناطق لأقرب 0.1ملم بواسطة الورنية ويؤخذ معدل السمك مع استبعاد سمك المناطق النافرة بظهر البلاطـة ، ويجب ألا يزيد التفاوت في السمك الكلي لبـلاط التيرازو والأسمنتي عن 3 ملم ، أما سمك وجه البلاط الأسمنتي والتيرازو فيجب ألا يقل عن 7 ملم .

9-1 الطريقة القياسية لفحص امتصاص السيراميك والبلاط الصيني للماء.

المجال :

تحدد هذه الطريقة نسبة الامتصاص في البلاط الصيني والسيراميك .

الجهاز :

- فرن تجفيف قادر على إعطاء درجة حرارة 110± 5مْ .
- حوض لغمر العينات وغليها مع دعامات في قعر الحوض قطرها 1ملم .
- ميزان دقيق .

العينات :

- يتم اختبار (5) بلاطات عشوائيا من الكمية المراد فحصها ، فإذا زادت نسبة الامتصاص في أي من بلاط السيراميك المزجج عن 3-4 ٪ يعاد الفحص على (5) بلاطات أخرى ، وإذا زاد الامتصاص مرة أخرى عن المذكور تعتبر الكمية غير مطابقة للمواصفات .
- في البلاط الصيني يجب ألا يزيد الامتصاص عن 5 ٪ في النوع الخاص وعن 17 ٪ في النوع العام .

طريقة الفحص :

أ – تجفف البلاطات في فرن على درجة حرارة 110± 5مْ حتى يثبت وزنها ، وثبات الوزن يعني أن الفرق في

الوزن بين وزنين متتالين لا يزيد عن 0.1٪ .
ب- يتم تبريد العينات في وعاء محكم الإغلاق ثم توزن لأقرب 0.1 جم .
ج – تغمر البلاطات في حوض ماء يغلي ، وتكون مرتكزة على دعامات لا يزيد قطرها عن 1ملم ويستمر الغلي في درجة حرارة 100± 2 م˚ لمدة 120± 5 دقائق .
د – تترك العينة لتبرد مع بقائها مغمورة بالماء إلى درجة حرارة 20 ± 2 م .
هـ- في البلاط الصيني تغلى العينة مدة 4 ساعات وتبرد بنفس الطريقة ، ويتم إخراج البلاط عن الحوض وتمسح بقطعة قماش ثم توزن .

الحسابات :

أ –

$$\text{نسبة الامتصاص} = \frac{\text{وزن البلاط بعد الغمر بالماء} - \text{وزنها جافة}}{\text{وزنها جافة}} \times 100\ ٪$$

ب- يؤخذ معدل النتائج ويقارن بالنسب المطلوبة .

فحص نسبة الامتصاص الكلي لكامل البلاطة :

بعد انتهاء الفحص السابق يتم تجفيف البلاطات حتى ثبات الوزن كما ذكر سابقاً ، وتبرد لمدة 24 ساعة في درجة حرارة الغرفة ثم تغمر في الماء في درجة حرارة 20 ± 2˚م ، ويراعى أن تكون البلاطات متوازية مع سطح الماء ، ويكون ارتفاع الماء فوق البلاطة من 25 – 50 ملم ، ويستمر الغمر لمدة 24 ± 1/2 ساعة ، وتخرج البلاطات من الماء وتمسح بالقماش ثم توزن .

الحسابات :

$$\text{النسبة المئوية الامتصاص} = \frac{\text{وزن البلاطة الرطب} - \text{وزن البلاطة الجاف}}{\text{وزن البلاطة الجاف}} \times 100\ ٪$$

تنص المواصفات البريطانية على ألا يزيد الامتصاص للوجه لأي بلاطة عن 0.4 جم / سم2 ، وألا يزيد الامتصاص الكلي للبلاطة عن 8٪ ، وإذا فشلت بلاطتان أو أكثر يتم رفض البلاط ، وإذا فشلت بلاطة واحدة تؤخذ عينات إضافية . عند فحص بلاط أسمنتي تجرى عليه نفس طريقة الفحص الكامل للبلاطة .

التقرير

يشمل التقرير تاريخ الفحص ورقم العينات وعمر البلاطات ووزن الماء الممتص (جم/سم2) من الوجه ونسبة الامتصاص الكلية .

2-9 الطريقة القياسية لفحص قوة كسر البلاط .

العينات :

يتم فحص (3) بلاطات لكل مجموعة مؤلفة من (100) بلاطة وتفحص بلاطتان إضافيتان لكل (200) بلاطة إضافية ، وقبل فحص البلاطة للكسر يجب التأكد من خلو البلاطة من الشقوق والعيوب ، ويتم فحص البلاط بالكسر بعد إتمام فحص الامتصاص .

طريقة الفحص :

- توضع البلاطة على الدعامات بشكل يكون الجزء الممتد خارج الدعامات بمقدار 1/6 طول البلاطة ، وتكون المسافة بين الدعامتين 2/3 طول البلاطة ، ويكون وجه البلاطة للأعلى ويبدأ التحميل باستمرار حتى تنكسر العينة ويسجل حمل الكسر .

3

$$\text{قوة الثني (نتيوتن / ملم2)} = \frac{3 \times \text{حمل الكسر} \times \text{المسافة بين الركيزتين (ملم)}}{2 \times \text{عرض البلاطة} \times \text{مربع سمك البلاطة}}$$

التقرير :

يجب أن يتضمن التقرير رقم العينة ، وتاريخ الفحص ، وعمر العينة ، وحمل الكسر ، وبحر العينة ، وسمكها ، وعرضها ، وطولها وقوة مقاومة الثني .

9 -3 الطريقة القياسية لتحديد الانفتال في البلاط

المجال :

الانفتال هو عدم مطابقة الزاوية الرابعة للمستوى المار من الثلاث زوايا الأخرى ويقاس بأجزاء المليمتر .

الجهاز :

أ – جهاز قياس الانفتال كما هو موضح بالشكل رقم (24) مثبت عليه 3 أقراص قياس "guage" ، ويستعمل قرص قياس واحد لقياس الانفتال وهو الواقع على إحدى الزوايا في حين أن الزوايا الثلاث الأخرى تحدد بالمسامير ، أما القرص الذي في الوسط فيستعمل لتحديد التقعر المركزي ، ويستعمل القرص الثالث لقياس التقعر على الطرف .

ب- لوحة معايرة مستوية من الزجاج أو المعدن .

معايرة الجهاز :

تثبت لوحة معايرة في الجهاز على رأس المسامير الثلاثة المرتكزة على لوحة معدنية سمكها 10ملم ، وتكون المسامير الثلاثة ثابتة لترتكز عليها ثلاثة زوايا للبلاطة في حين ترتكز الزاوية الرابعة للبلاطة على عمود اختراق مثبت عليه قرص القياس ، هذا العمود يمر من ثقب اللوحة وتوضع لوحة المعايرة على المسامير والعمود بحيث تبعد أحرف اللوحة مسافة 10ملم عنها ، يثبت قرص القياس على صفر عندما يكون عمود الاختراق ملامساً للوجه .

طريقة الفحص :

أ – تسحب لوحة المعايرة ، وتوضع البلاطة المراد فحصها على وجهها لترتكز على المسامير ، نجعل عمود الاختراق يلامس البلاطة دون أن يرفعها عن أي من المسامير الثلاثة . ثم تسجل قراءة القرص ، وتكرر العملية مع البلاطات الباقية ويتم تسجل قراءات القرص لكل بلاطة بوحدات 0.01ملم ويقسم على طول البلاطة .

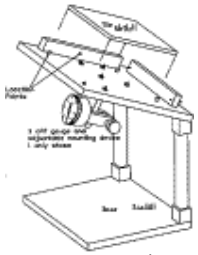
ب- يجب ألا يزيد الانفتال عن 0.5٪ من طول البلاطة شريطة ألا يزيد هذا الانفتال عن 1ملم مهما بلغ طول البلاطة .

9-4 الطريقة القياسية لتحديد التقعر أو التحدب في البلاط الصيني والسيراميك

المجال :

أ – يستعمل لتحديد التقعر أو التحدب طريقتان ، الأولى باستعمال الجهاز المستعمل في قياس الانفتال ، والثانية باستعمال مسطرة معدنية .

ب- يعرف التحدب بأنه ابتعاد مركز العينة أو مركز أحد حوافها من المستوى المار بثلاث زوايا من زوايا البلاطة الأربعة .



شكل رقم (24) جهاز فحص الانفتال والتقعر في البلاط

الجهاز :

يستعمل نفس الجهاز لقياس الانفتال مع استعمال قرص القياس الواقع في مركز العينة والقرص الواقع في منتصف حافة العينة فقط .

معايرة الجهاز :

يتم اتباع نفس طريقة المعايرة المستعملة للانفتال مع تثبيت قرص القياس في مركز العينة والقرص في مركز حافة العينة على الصفر عند وضع لوحة المعايرة ، ولا يستعمل القرص الثالث الذي استعمل في قياس الانفتال .

طريقة الفحص باستعمال الجهاز :

بعد سحب لوحة المعايرة توضع البلاطة ووجهها للأسفل وترتكز على المسامير الثلاثة ، يسمح لأعمدة الاختراق للأقراص بملامسة البلاطة في النقاط المناسبة دون أن ترفع البلاطة عن المسامير، يكرر العمل مع البلاطات الباقية .

الحسابات :

أ – تسجل قراءات الأقراص الموجبة أو السالبة (تقعر أو تحدب) .

ب- يجب ألا يزيد التقعر أو التحدب عن 0.75ملم .

القياس باستعمال المسطرة المعدنية :

إذا لم يتوفر الجهاز يمكن استعمال مسطرة معدنية حيث توضع المسطرة على حرفها باتجاه أطول قطر للبلاطة وبقياس أكبر عمق للتقعر بواسطة أداة قياس دقيقة ، وإذا كان السطح محدباً توضع المسطرة على حرفها ملامسة أعلى قمة للتحدب ويقاس ارتفاع المسطرة عن السطح من كلا الجانبين ويؤخذ متوسط القراءتين ، وتكرر العملية مع القطر الآخر ويؤخذ المتوسط ثم يحسب متوسط النتيجتين وتحسب النسبة بين متوسط القراءات الأكبر عمق تحدب أو تقعر وبين أطول قطر للبلاطة ، وتكون هي مقدار عدم الاستواء في السطح حيث يجب ألا تزيد عن 0.4٪.

10- الفحوصات التي تجرى على الطوب الأسمنتي والترابي والجيري الرملي

المجال :

أ – يشبه الطوب إلى حد كبير مكعبات الخرسانة من حيث الفحص بالضغط ومن أهم الخواص التي تهمنا في الطوب هي قوة الضغط بالإضافة إلى امتصاص الماء واستقامة الحواف واستواء الأسطح وتعامدها مع بعضها واستقامة الحرف والدقة في أبعاد الطوب وخلوه من الشقوق والعيوب والتجانس في اللون والمقطع ، وتوفر الحرق التام والخلو من التزهر والعقد الجيرية في الطوب الترابي .

ب- إن طرق إجراء فحص الضغط على الطوب هي نفس طريقة إجراء فحص الضغط على مكعبات الخرسانة ، كما أن نسبة امتصاص الماء في الطوب هي نفس الطريقة المتبعة في الحجر الطبيعي ، ويؤخذ لكل فحص (5) طوبات وتعطى النتائج كمعدل لها .

أبعاد الطوب

أ – الطوب الأسمنتي

يكون الطوب الأسمنتي إما مفرغاً أو مصمتاً ويكون طول الطوبة وارتفاعها ثابتاً , أما سمك الطوب فيكون متغييراً وتقاس أبعاد الطوبة من عدة جوانب ويؤخذ المعدل ، ويجب ألا يزيد التفاوت في الأبعاد عن ± 6ملم باستثناء عندما يكون السمك 70 ملم فيجب ألا يزيد التفاوت فيه عن ± 3ملم ، ويبين الجدول التالي أبعاد الطوب الأسمنتي والتفاوت ونسبة الفراغات :

الأبعاد بالملم	النوع	التفاوت المسموح	نسبة الفراغات
400 × 200× 200ملم	ذو الخلايا	±6 ملم	51 ٪
400 × 200× 150ملم	ذو الخلايا	±6 ملم	43 ٪
400 × 200× 100ملم	ذو الخلايا	±6 ملم	37 ٪
400 × 200× 70 ملم	ذو الخلايا	±3 ملم	31 ٪
400 × 200× 70 ملم	مصمت	±3 ملم	صفر

جدول رقم (16) أبعاد الطوب الأسمنتي ونسب الفراغات به

ب – الطوب الرملي الجيري والترابي

يكون طول الطوبة 290 ملم أما ارتفاعها فهو 90 أو 190ملم كما يكون سمكها إما 190 أو 90 ملم ، وتقاس الأبعاد من كل الجهات ويؤخذ المعدل ، ويجب ألا يزيد التفاوت عن ±3ملم في الطول و± 1.5 إلى 2 ملم في العرض و ± 1 إلى 1.5 ملم في الارتفاع .

فحص امتصاص الماء :

تغمر الطوبة في الماء لمدة 24 ساعة على درجة حرارة 20 ± 3 مْ ، ثم تخرج من الماء وتمسح بالقماش وتوزن ، ثم تجفف بعد ذلك في فرن تجفيف على درجة حرارة 110±5مْ حتى ثبات الوزن ويحدد الوزن الجاف .

$$\text{نسبة الامتصاص} = \frac{\text{الوزن بعد الغمر 24 ساعة} - \text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن الجاف}} \times 100\ ٪$$

فحص مقاومة الكسر :

تكسر العينات بالضغط على الجانب الذي يكون عليه الثقل في المنشآت ، ويتم قياس مساحة السطح بدقة ، ثم توضع العينة في مركز جهاز آلة الضغط ويوضع الحمل ويستمر التحميل حتى تنكسر العينة ، ثم يقسم الحمل الذي انكسرت عليه العينة على مساحة سطحها .

With my best wish:-
Eng-Ghassan Almontser
Email-
g_almontser@yahoo.com
OR –
g_almontser@hotmail.com